

Asysta inspiracyjna

Wywiad z Garym Flandro o matematyce,
inżynierii i anonimowych mentorach

Profesor Gary Flandro jest inżynierem NASA, którego natchnione spostrzeżenie i praca doprowadziły do realizacji misji sond kosmicznych Voyager 1 i Voyager 2. Historia projektu, świetnie udokumentowana, nie będzie treścią wywiadu – wzmianka znajduje się we wstępie na s. 26. Porozmawiamy za to z osobą z krwi i kości. Inżynierem, którego wizja doprowadziła ludzkość do czegoś absolutnie niepowtarzalnego w historii naszej cywilizacji: obiekt stworzony ręką człowieka opuścił Układ Słoneczny¹.

Piotr Plebaniak: Proszę, opowiedz nam najbardziej inspirującą historię, jaką znasz, a która mogłaby być wskazówką dla młodego człowieka chcącego zostać naukowcem.

Podczas kilkudziesięciu lat pracy na uczelni często byłem proszony o prowadzenie prezentacji dla grup składających się z uczniów szkół wyższych i średnich, a także dzieci ze szkół podstawowych. Celem było zawsze pokazanie im piękna i użyteczności nauki. Często posługiwałem się własnymi doświadczeniami jako przykładami tego, w jaki sposób nauka stała się moją główną życiową pasją. Jedno z doświadczeń, które wciąż

¹ Wywiad przeprowadzony w lutym 2022. Ponieważ, trawestując słynny greps polskiego polityka, po angielsku ze wszystkimi jesteśmy na ty, przekład na język polski zachowuje tę formę grzecznościową.

uważam za inspirujące, miało miejsce, gdy byłem studentem pierwszego roku na Uniwersytecie Utah w 1952 roku.

Zawsze chciałem zostać naukowcem lub astronomem, ale stwierdziłem, że moje zdolności matematyczne są ograniczone, więc zapisałem się na zajęcia z trygonometrii. Wykładowcą prowadzącym moje pierwsze zajęcia był dr Eugene Parker, świeżo upieczony absolwent Caltech, Kalifornijskiego Instytutu Technicznego.

Jego zdolności dydaktyczne okazały się o wiele lepsze od wszystkiego, czego kiedykolwiek doświadczyłem, mimo że był tylko siedem lat starszy ode mnie. Później okazało się, że jego znakomity kurs astronomii był tym, czego potrzebowałem, aby zacząć podążać we właściwym kierunku. Już w tym młodym wieku postanowiłem, że później będę próbował studiować na jego *alma mater*, instytucji, która wyraźnie nauczała nie tylko zasad nauki i matematyki, ale także ich wyjątkowego piękna.

Parkera można poznać po jego pracach nad teorią naddźwiękowego wiatru słonecznego i słonecznego pola magnetycznego. NASA nazwała jego imieniem orbiter słoneczny (obecnie znajdujący się na bliskiej orbicie wokół Słońca) Parker Solar Probe, po raz pierwszy honorując w ten sposób osobę żyjącą. Był on świadkiem wystrzelenia sondy w 2018 roku niemal w tym samym czasie, kiedy ja zostałem uhonorowany jako Zasłużony Absolwent Caltech.

Opowieść o inspirującej roli Parkera w mojej własnej karierze wykorzystałem w krótkim przemówieniu, które wygłosiłem podczas ceremonii wręczenia nagrody.

Czyli odpowiedź brzmiałaby: czynnikiem inspirującym była osobowość i wizja nauczyciela?

Dla mnie najbardziej inspirującym czynnikiem było jego głębokie zrozumienie i miłość do nauki, a także zaangażowanie w przekazywanie tej miłości swoim uczniom. Bardzo niewiele z moich nauczycieli robiło to tak dobrze jak dr Parker.

Czy jest jakaś szczególna książka, wydarzenie lub idea, która skierowała Cię na drogę do nauk ścisłych i matematyki? Może jakaś inspiracja z dzieciństwa? Dla mnie wzorcową książką, która ma moc popychania młodego człowieka w kierunku kariery naukowca jest *Gwiazdne dziedzictwo* Jamesa P. Hogana.

Kiedy miałem sześć lat, mój ojciec zabrał mnie pewnego wieczoru do małego obserwatorium na kampusie Uniwersytetu Utah, gdzie znajdował się piękny sześciocalowy teleskop refrakcyjny. To było moje pierwsze dobre spojrzenie na Księżyc i od razu podjąłem decyzję, że zostanę astronomem.

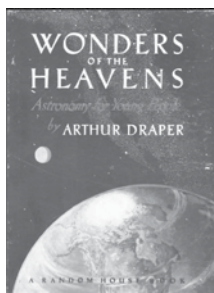


Kiedyś w czasopiśmie „Popular Science” znalazłem ogłoszenie, że za jednego dolara mogę kupić książkę *Cuda nauki w uproszczeniu* oraz zestaw do budowy teleskopu „podobnego do tego, którego używał Galileusz”.

Książka i zestaw wkrótce nadeszły i z rozczarowaniem stwierdziłem, że składa się on ledwie z trzycalowej soczewki i okularu. Mój ojciec pomógł mi jednak zbudować teleskop, który działał całkiem dobrze. A książkę, która była bardzo dobrym wprowadzeniem do nauki i otworzyła mi drogę do zawodu inżyniera lotów kosmicznych, nadal mam w na półce.

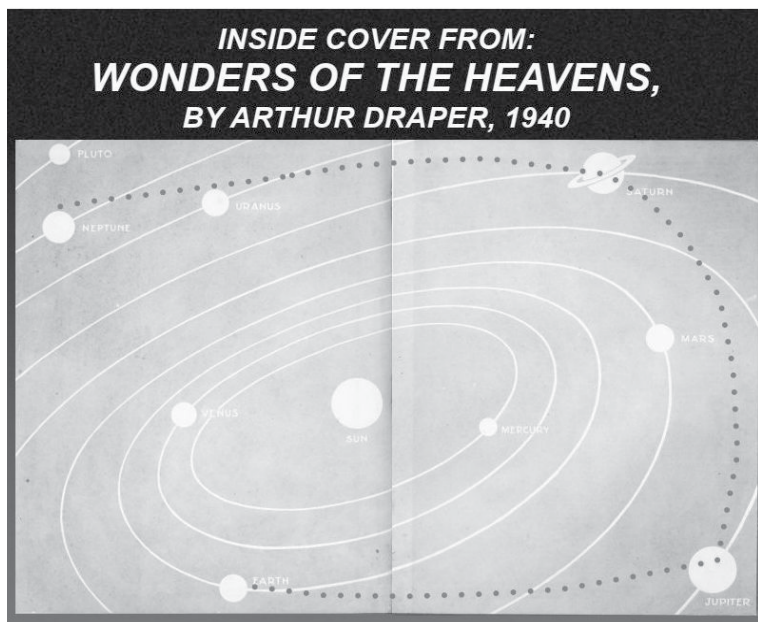
Brzmi jak historia z filmu *Kontakt* (1997), w którym bohaterka jako mała dziewczynka jest z rozmysłem inspirowana przez ojca w niemal identyczny sposób. Przypadek?

Nie do końca. Na szczęście powstało wiele książek, które miały podobny wpływ na umysły młodych ludzi z naturalną ciekawością i zainteresowaniem światem rzeczywistym. Inna



książka, którą otrzymałem w prezencie gwiazdkowym w 1940 roku, zatytułowana *Cuda niebios. Astronomia dla młodzieży*, wywarła przemożny wpływ na moje życie. Na wewnętrznej stronie okładki znajdował się rysunek Układu Słonecznego².

Choć jestem pewien, że nie było to celowe, wszystkie planety zewnętrzne zostały pokazane w taki sposób, że zasugerowało mi to, iż można by przelecieć z Ziemi na Jowisza i dalej, do Saturna, Urana i Neptuna. Byłem zdumiony, gdy w 1965 roku odkryłem to samo ułożenie planet, a które doprowadziło do powstania misji „Voyager Grand Tour” (widoczne kropki nie są częścią oryginału – przyp. autora).

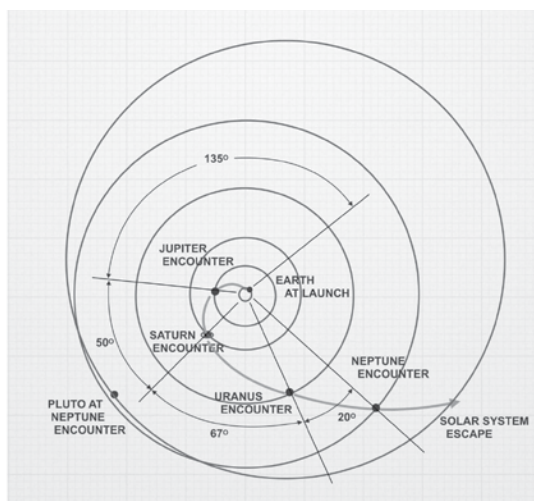


² Les Johnson, autor książki *A Traveler's Guide to the Stars* (Princeton University Press, Princeton, NJ 2022, s. 189–192) opowiedział znaną anegdotę. Brał udział w badaniu mającym określić, co zaszczepiło w pracownikach NASA ciekawość Przestrzeni i wyjścia poza planetę. W samym centrum wykresu były dwa słowa: „Star Trek”. (przyp. red.).

Zazdroszczę tego, co czułeś w tamtej chwili. A aby podsumować twoje słowa o inspiracjach, przytoczę słowa Henry'ego Adamsa, jedną z moich ulubionych myśli przewodnich: „Nauczyciel ociera się o wieczność. Nigdy nie może stwierdzić, gdzie kończy się jego wpływ”. Nauczycielom pozostaje skierowana w nieznaną przyszłość satysfakcja. Szkoda, ale dobre i to. Czy masz jakiś dokument-pamiętkę z okresu, w którym pomysł misji sond pojawił się w NASA?

Mam kopię pierwszego szkicu, który zrobiłem na temat możliwości misji na czterech planetach. Popełniłem jednak błąd, przekazując moje oryginalne obliczenia i opracowania komputerowe osobom, które wykazały zainteresowanie tym pomysłem na długo przed powstaniem rzeczywistego planu misji. Chociaż obiecano mi, że zostaną one zwrócone, zaginęły.

Mam też kopię oryginalnego memorandum JPL, napisanego przeze mnie i dra Rogera Bourke'a, które zapoczątkowało pierwsze poważne, szczegółowe badania misji, które doprowadziły bezpośrednio do faktycznej misji Voyagera. Oto nagłówek pierwszej strony memorandum:



JET PROPULSION LABORATORY

INTEROFFICE MEMORANDUM
312.5-201
October 10, 1966

TO: T. A. Barber/P. S. Eauriau
FROM: R. D. Bourke/G. A. Fladiro
SUBJECT: Comments on proposed grand tour mission study.

In view of the opportunity in 1977 to fly a single spacecraft to Jupiter, Saturn, Uranus and Neptune some comments pertinent to a possible mission study are in order.

Scientific requirements for close up investigation of the planets beyond Jupiter have not been generated in house. This may be due to a general feeling that we could never get a spacecraft to that part of the solar system rather than a lack of scientific interest in the outer planets. IIT Research has recently generated some science objectives in this area.

Twoja ulubiona powieść lub opowiadanie SF. Dlaczego?

Luna to surowa pani Roberta A. Heinleina. Obraz australijskiej kolonii karnej w stylu Botany Bay z 1788 roku na Księżycu w 2075 roku zafascynował mnie. Po raz pierwszy przeczytałem tę książkę w 1980 roku, kiedy wykładałem inżynierię lotniczą w Georgia Tech. Realistyczna nauka przedstawiona w opowieści zainspirowała mnie. Oto kilka wybranych przykładów ilustrujących zrozumienie przez Heinleina przyszłości technologii:

- (1) Pomysł, że „Lunatycy”³ mogliby uzyskać niezależność polityczną od Ziemi, grożąc zbombardowaniem miast wielkimi kamieniami. Ze względu na dużą prędkość uderzenia uwolniona energia byłaby równoważna detonacji bomby atomowej.
- (1) Pomysł, że koloniści księżycowi mogliby łatwo katapultować z Księżycy na Ziemię wodę oraz hydroponicznie uprawiane zboże bez użycia rakiet.

³ W oryginale angielskim mieszkańcy Księżycy nazywają siebie samych „Loonies”, wariaci, szajbusy. W wybitnym, polskim przekładzie Przemysława Znanieckiego (Rebis, 1992) mamy Lunatyków.

- (1) Superkomputer HOLMES IV („High-Optional, Logical, Multi-Evaluating Supervisor, Mark IV”), który zarządzał całą infrastrukturą księżycową, w tym działaniem i celowaniem systemu katapult. Główny bohater jest technikiem komputerowym, który odkrywa, że HOLMES IV rozwinął poczucie humoru i samoświadomość.

Niektóre pomysły z tej książki wykorzystałem na egzaminie końcowym, który organizowałem studentom mojego kursu astrodynamiki w Georgia Tech. Studenci mieli przeprowadzić szczegółową analizę misji startu obiektu katapultowanego z powierzchni Księżyca, trajektorii lotu do zderzenia z Ziemią oraz oszacować energię kinetyczną w momencie zderzenia.

Temat
III.1

Gary, tak dla twojej i czytelników wiadomości – przeczytałem tę powieść grubo ponad trzydzieści razy. Dawno straciłem rachubę.

Ja również czytałem ją wiele razy, ale jestem naprawdę pod wrażeniem tego, ile razy ty to zrobiłeś.

Czy możesz podzielić się z nami jakąś ciekawą anegdotą lub historią związaną z misjami Voyagera?

Kiedy w 1964 roku po raz pierwszy zdałem sobie sprawę, że odkryłem konfigurację planetarną, która może otworzyć zewnętrzny Układ Słoneczny na eksplorację za pomocą czegoś, co Krafft Ehrlicke nazwał „oprzyrządowanymi kometami”, moim pierwszym ruchem było przedstawienie tej możliwości Głównemu Naukowcowi JPL, doktorowi Homerowi Joe Stewartowi. W towarzystwie mojego przełożonego, Joe Cuttinga, kierownika Grupy Misji Zaawansowanych, przedstawiłem wyniki moich badań na slajdach szczegółowo opisujących trajektorię i konfiguracje spotkań z planetami Jowisz, Saturn, Uran i Neptun.

Wyraził on wielkie zainteresowanie tym pomysłem i przypomniał o misji wieloplanetowej (Ziemia–Mars–Wenus–Ziemia) zaproponowanej przez dr Gaetano Crocco w 1956 roku. Crocco nazwał ją „Grand Tour” (ang. wielka wycieczka), a Stewart zasugerował, że byłaby to dobra nazwa dla naszej misji do planet zewnętrznych. Następnego dnia w gazecie ukazał się artykuł opisujący misję i sugerujący, że jest ona dziełem dra Stewarta. Nie wymieniono w nim mojego nazwiska. Później w jednej z ogólnokrajowych publikacji ukazał się rysunek przedstawiający Homera Joe Stewarta w jego biurze, trzymającego w ręku rysunek trajektorii. Razem z moimi współpracownikami z JPL bardzo się z tego śmialiśmy.

Grupa studentów zauważyła, że w artykule Stewarta wspomniano, iż „darmową” energię dla misji uzyskaliśmy kosztem utraty energii orbitalnej Jowisza podczas przelotu wspomaganego grawitacyjnie. Oznacza to, że planeta zwolni, aby zrównoważyć wzrost prędkości statku kosmicznego. W związku z tym założyli „Pasadena Society for the Preservation of Jupiter’s Orbit” (Pasadeńskie Stowarzyszenie na rzecz Zachowania Orbity Jowisza) i przemaszzerowali ulicami centrum Pasadeny, niosąc znaki wzywające do odwołania tej misji i podobnych zagrożeń dla orbity Jowisza. To wszystko było świetną zabawą, typową dla niesławnych psikusów studentów Caltech.

Podjąłem się opisanie misji Grand Tour na planety zewnętrzne wybranym ekspertom z Jet Propulsion Laboratory. Chciałem sprawdzić, czy potrafią oni wskazać praktyczne trudności, które mogłyby uczynić taką misję trudną lub niemożliwą w realizacji. Z przerażeniem stwierdziłem, że ich poparcie dla tego pomysłu było znikome. Najczęściej wskazywane problemy (oprócz przewidywanej wysokiej ceny i konkurencji z trwającymi programami) to:

- (1) Obsługa danych i komunikacja na odległościach międzyplanetarnych.
- (2) Trudności w uzyskaniu dostatecznie dokładnego naprowadzania.

- (3) Prawdopodobieństwo kolizji z obiektami podczas przelotu przez pas asteroid.
- (4) Przetrwanie urządzeń elektronicznych podczas przechodzenia przez pole magnetyczne Jowisza.
- (5) Niewystarczająca niezawodność i trwałość wymaganych elementów elektronicznych i mechanicznych w lotach trwających 10–15 lat.
- (6) Prawdopodobny brak wsparcia politycznego (misja miałaby trwać przez kilka kadencji prezydenckich).
- (7) Postrzegany brak naukowego zainteresowania planetami zewnętrznymi.

Temat
III.1

Negatywne reakcje mogły zniechęcić mniej zdeterminowanego człowieka. Oczywiście żadne z tych złych przewidywań nie sprawdziło się.

W 2011 roku zadzwonił mój zięć, by powiedzieć mi, że pojawiłem się w grudniowym numerze „Playboya”. „To znaczy, że byłem na rozkładówce?”, zażartowałem. Richard Powers wymienił mnie z nazwiska w opowiadaniu zatytułowanym *Dark Was the Night*. Napisał w nim:

„Facet, który zdał sobie sprawę, że ludzkość stoi przed okazją powtarzającą się raz na 176 lat, miał na imię Flandro, Gary. Kolejny cholerny letni stażysta; połowa wkładu w trzecią wielką erę eksploatacji wyszła spod ręki dwudziestolatków. W roku 1965 Flandro zauważył, że za kolejne kilkanaście lat wszystkie planety zewnętrzne ustawią się w jednej linii.

Ludzkość miała jedną, ulotną szansę na zorganizowanie Grand Tour, która odwiedziłaby każdy przystanek między tym miejscem a krańcem Układu Słonecznego”.

To wspaniała opowieść science fiction, która śledzi misję Voyagera niosącą Złotą Płytę z muzyką i zdjęciami ludzkości do miejsca przeznaczenia w roku 577 256 880, kiedy to płyta została odzyskana i zdekodowana, prezentując m.in.: balijską tancerkę, Monument Valley i odgrywając *Jaat Kahan Ho, Old Man With Dog and Flowers, Preludium C-dur*, godzinę ludzkich fal mózgowych (należących do Ann Druyan) oraz *Dark Was the Night, Cold Was the Ground* niewidomego Williama Johnsona.

Kiedyś przeczytałem książkę Johna Brockmana zatytułowaną *W co wierzymy, ale czego nie możemy udowodnić* (ang. *What We Believe but Cannot Prove*). Autor pyta w niej naukowców o idee, które znajdują się na granicy poznania ludzkiej nauki. Czy w Twojej dziedzinie jest coś podobnego?

W mojej pracy inżynierskiej miałem wiele doświadczeń, w których konieczne było kontynuowanie pracy na podstawie niesprawdzonych modeli koncepcyjnych. Wiele z moich najlepszych pomysłów przyszło do mnie bez solidnych podstaw jako punktu wyjścia. Kierowała mną intuicja. Postępując w ten sposób, trzeba zawsze unikać zbytniego przywiązania do własnych pomysłów.

Przykładem tej pułapki jest oryginalna teoria orbit planetarnych Keplera, która opierała się na dopasowaniu orbit do trójwymiarowych brył platońskich. Nie zrezygnował z tej koncepcji nawet po odkryciu trzech praw ruchu, które poprawnie modelowały ruch planet w polu grawitacyjnym. Kepler nie znał siły grawitacji jako głównego „poruszydźciela”. Należy zauważyć, że jego prawa, które później zainspirowały Isaaca Newtona, opierały się na starannym wykorzystaniu eksperymentalnych obserwacji orbit planet.

Czy możesz skomentować dwa sposoby uzyskiwania wiedzy o prawach przyrody: analityczny i eksperymentalny? Przytocz mój ulubiony, inspirujący *passus* z książki *Summa Technologiae* Stanisława Lema:

Weźmy pewne równanie, $4+x=7$. Niezbyt bystry uczeń nie wie, jak znaleźć wartość x , choć ten wynik już „siedzi” w równaniu, tyle że jest ukryty przed jego zamglonym okiem i „pojawi się” sam po dokonaniu elementarnego przekształcenia.

Zapytajmy więc, jako prawdziwi herezjarchowie, czy nie jest tak samo z Naturą? Czy materia nie ma czasem „wpisanych w siebie” wszystkich swoich potencjalnych przekształceń (tak, że na przykład można z niej zbudować gwiazdy, kropki kwantowe, maszyny do szycia, róże, jedwabniki i komety)? Następnie, biorąc podstawową cegiełkę Natury – atom wodoru – można by „dedukcyjnie wyprowadzić” z niego wszystkie te możliwości (skromnie zaczynając od możliwości syntezy wszystkich stu pierwiastków, a kończąc na możliwości budowania systemów bilion razy bardziej uduchowionych niż człowiek).

Może teorie i modele zjawisk są potrzebne tylko dzisiaj. Może zapytany o to mędrzec z innej planety w milczeniu podałby nam leżący na ziemi strzęp starego żelastwa, dając do zrozumienia, że z tego kawałka materii można wyczytać całą prawdę o Wszechświecie?”

Jakieś uwagi?

Oczywiście prawdą jest, że poznajemy działanie przyrody na dwa sposoby. Najpierw poprzez eksperymenty, aby odkryć jej ukryte cechy, a następnie poprzez analizę, próbując połączyć te cechy z wcześniejszymi poglądami na ich temat i nieustannie dążyć do tworzenia lepszych modeli. Jest to

Temat
III.1

istota metody naukowej, która wymaga również, aby każdy model lub teoria były zawsze otwarte na ciągłe udoskonalanie.

Prawdziwość tej idei widzimy na własne oczy, gdy obserwujemy różnorodność istot żywych, których samo istnienie zbudowane jest z fundamentalnych bloków konstrukcyjnych, takich jak DNA. Rzeczywiście zgrabnie ujmuje to Lem, pisząc, że natura jest zasadniczo zdolna do wszystkich „przemian” koniecznych do wytworzenia tego, co obserwujemy we wszechświecie.

Nawiązując, czy możesz skomentować obserwację Alberta Einsteina: „Boga nie obchodzą nasze matematyczne trudności. On przelicza empirycznie”⁴?

Jak zwykle Einstein trafia w sedno prawdy o ludzkich ograniczeniach w rozumieniu natury. Ograniczenia te często przejawiają się w naszych ludzkich trudnościach w sprowadzaniu obserwacji do postaci matematycznej. Często nie jesteśmy w stanie dokończyć (czyli „przeliczyć”) modelu teoretycznego ze względu na ograniczenia naszych narzędzi matematycznych i rozumienia fizyki. Nie osiągnęliśmy jeszcze zdolności do empirycznej integracji (tak jak czyni to Bóg). Ale jeśli nie przestaniemy próbować, to może w jakiejś odległej przyszłości zbliżymy się do tej zdolności.

Istnieje „szalona” teoria, która mówi, że żyjemy w symulacji prowadzonej przez nieskończenie bardziej zaawansowaną cywilizację. Ludzie potrafią projektować takie symulacje (oczywiście bardzo proste), przykta-

⁴ W oryginale sentencja brzmi: *God does not care about our mathematical difficulties; He integrates empirically.*

dem jest „Gra w życie”. Pytanie: czy dostrzegasz jakiegokolwiek zalety lub wady dwóch sposobów odkrywania praw przyrody: poprzez projektowanie modeli matematycznych (i ich testowanie eksperymentalne) lub przeprowadzanie symulacji?

Jest to oczywiście najpotężniejsze narzędzie, jakim dysponujemy, by odkryć, jak naprawdę działa przyroda (Bóg). Ładną fikcyjną wersję tego procesu można znaleźć w powieści Dana Browna *Początek*, która opisuje sposób, w jaki algorytm obliczeniowy może powielić procesy prowadzące do powstania DNA, a także (w powieści) znaleźć realistyczne odpowiedzi na pytania takie jak „skąd się wzięliśmy” i „dokąd zmierzamy”. Jestem ciekaw, czy czytałeś tę książkę.

Temat
III.1

Tak, przeczytałem ją – choć tylko jeden raz. Moje ostatnie pytanie. Czy we Wszechświecie istnieją inne istoty rozumne?

Pytanie powinno brzmieć: „Czy istnieją we Wszechświecie inne struktury molekularne zdolne do samoreplikacji?”. Rzeczywiście, jestem wielbicielem filmowej adaptacji rękopisu książki *Kontakt* Carla Sagana (i Ann Druyan). Ze względu na ogromną liczbę układów planetarnych we wszechświecie, w których istnieją warunki fizyczne zdolne do podtrzymania jakiegokolwiek formy replikujących się cząsteczek (nie muszą one przypominać DNA), nie ma wątpliwości, że we Wszechświecie istnieje olbrzymia różnorodność form życia. Z pewnością istnieją też inne stworzenia, które moglibyśmy nazwać „ludźmi”.

Naturalnie, element czasu musi wejść w grę. Wydaje się oczywiste, że ze względu na wrażliwość form życia na środowisko i ciągłe zmiany w tym środowisku formy życia podlegają zmianom ewolucyjnym i wymieraniu.

Ale oczywiście znam dobrze film *Kontakt* i wiem też, jak powinna brzmieć odpowiedź na twoje pytanie. Oto ona: „Gdybyśmy byli tylko my, byłoby to straszne marnotrawstwo przestrzeni”.

Bardzo dziękuję za rozmowę.

Jeśli uda nam się tym tekstem skierować choć jednego młodego człowieka ku karierze inżyniera lub naukowca, nasz wspólny wysiłek nie pójdzie na marne. Czy uda nam się jednak stworzyć następny odcinek w sztafecie inspiracji? Być może nie dowiemy się nigdy – tak jak to zapewne było z Arthurem Draperem.

Ale taka jest już dola nauczyciela. Wedle pięknego aforyzmu, który już raz przywołaliśmy, ociera się on o wieczność: nigdy nie dowie się, ku jakim nieskończonościom popchnie słuchaczy swych słów. ■