

Jacek Rodzeń

Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

<https://orcid.org/0000-0002-5321-4104>

CZY ISAAC NEWTON WYNALAZŁ NAPĘD ODRZUTOWY?

Did Isaac Newton invent jet propulsion technology?

SUMMARY

Since the 19th century, both popular and professional literature presented a possibility according to which Isaac Newton to some extent contributed to the invention of jet propulsion. In the present paper, this view is carefully analyzed. Various authors attributed to Newton the design of a road vehicle (the so-called Newton's steamcarriage) moved by ejection of hot steam. This opinion was expressed in certain works written by the first supporters of Newton (e.g. J.W. 'sGravesande, J.T. Desaguliers, J.-A. Nollet). What's more, there are miniature models of such vehicle present in some collections of scientific instruments.

Relying on the above examples, it would be hard to prove that Newton was indeed the true inventor of the jet propulsion. However, there is no doubt that he was very interested in various engineering issues and was the inventor of several scientific instruments (e.g. the variant of a reflecting telescope, a sea octant, a rotary slide rule).

Key words: Newton, invention of the steam engine, technology, historiographical myth

Słowa kluczowe: Newton, wynalazek silnika parowego, technika, mit historiograficzny

Postawione w tytule niniejszego artykułu pytanie tylko z pozoru przypomina nagłówki uwodzące czytelnika tanią sensacją, spotykane w popularnych tabloidach. W istocie sprawa jest znacznie poważniejsza, ponieważ zarówno w literaturze naukowo-technicznej i popularnej XIX w. oraz późniejszej, jak i w kręgach pierwszych zwolenników dokonań Isaaca Newtona (1642–1726) z okresu jego prezesury w londyńskim Towarzystwie Królewskim, a nawet w niektórych jego własnych wypowiedziach również z tego samego okresu, można natrafić na elementy idei, które we współczesnym nam języku określa się mianem techniki napędu odrzutowego.

Kwestia możliwego technicznego wykorzystania siły wyrzutu gazów, w szczególności pary wodnej, w perspektywie zaangażowań i dokonań Newtona, we

współczesnej historiografii nauki i techniki została podjęta tylko raz, w krótkim przyczynku autorstwa wybitnego znawcy prac samotnika z Cambridge, angielskiego historyka nauki A. Ruperta Halla (1920–2009)¹. Niniejszy artykuł próbuje poszerzyć zarysowane przez tego autora ramy poznawcze, zwracając m.in. uwagę na aktywność Newtona w okresie kluczowym dla wysiłków w skonstruowaniu wydajnego silnika parowego (przełom XVII i XVIII w.) i jego pierwszych zastosowań. Jednocześnie akcentuje zaskakującą bliskość autora *Zasad matematycznych filozofii przyrody* problematyce inżynierskiej, zrywającą z tradycyjnym jego wizerunkiem jako wyłącznie teoretyka i pogrążonego w samotności myśliciela.

Zanim jednak przejdziemy do omówienia odnośnej faktografii z czasów, kiedy Newton pełnił funkcję prezesa Towarzystwa Królewskiego (od 1703 r.), przyjrzymy się interesującemu zjawisku z zakresu komunikowania idei naukowych i inżynierskich, przypisywania angielskiemu uczonemu wynalazku pojazdu kołowego napędzanego siłą wyrzutu pary wodnej, z czym możemy się spotkać przeglądając literaturę, głównie z XIX w. Jak się okaże, mimo dość niefortunnego, co możemy już wstępnie zdradzić, przedstawiania rzekomych zasług Newtona w tym obszarze techniki, w jej opisach, a także towarzyszących im ilustracjach zawarte jest przysłowiowe ziarno prawdy. Dlatego w tym artykule postaramy się również do niego dotrzeć i krótko o nim wspomnieć.

„Pojazd parowy Newtona” – wynalazek czy kod kulturowy?

Chcąc możliwie wiernie przybliżyć rzekome i faktyczne zasługi autora *Zasad* w zakresie wynalazczości oraz promowania techniki napędu odrzutowego, przyjmujemy w tym artykule niechronologiczne ujęcie podjętego tematu. Rozpoczniemy od faktografii zdarzeń z najbliższego nam okresu, a zakończymy na omówieniu działań i wypowiedzi współpracowników Newtona, a także jego samego, nie zapominając o ich uwarunkowaniach kontekstowych.

Jak wspomniano powyżej, w literaturze popularnej i naukowo-technicznej XIX w. można spotkać dość rozpowszechnioną opinię sugerującą pierwszeństwo Newtona w wykorzystaniu zjawiska wyrzutu pary wodnej do napędu pojazdu kołowego. Jak się wydaje, jednym z bardziej reprezentatywnych przykładów wyrażania tej opinii jest jej ujęcie w pracy Roberta H. Thurstona (1839–1903) *A History of the Growth of the Steam-engine*² z 1878 r. Thurston był aktywnie

¹ A. Rupert Hall, *Isaac Newton's Steamer*, „History of Technology” 1985, nr 10, s. 17–29. Por. także: tenże, *Isaac Newton. Adventurer in Thought*, Cambridge University Press, Cambridge 1992, s. 311, 338; zob. także: Peter Rowlands, *Newton and the Great World System*, World Scientific, London–Singapore 2018, s. 86–87.

² Robert H. Thurston, *A History of the Growth of the Steam-engine*, D. Appleton, New York 1878. Zob. także: [brak inf. o aut.], *Robert Henry Thurston (1839–1903)*, „Nature” 1939, nr 3651, s. 701–702.

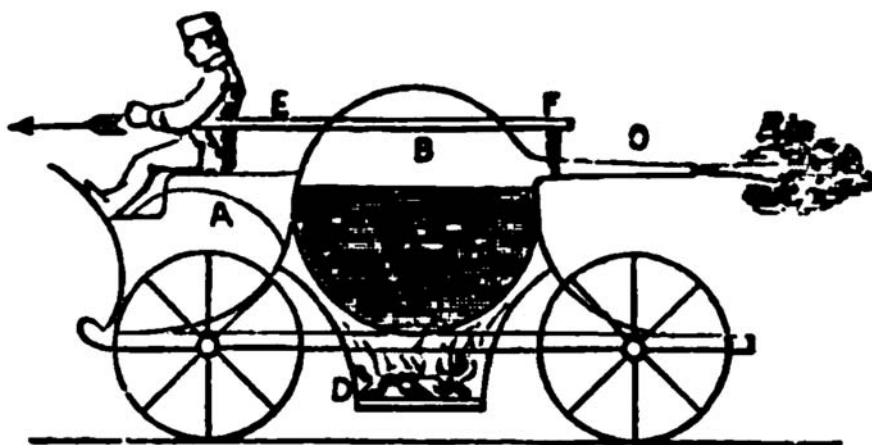


FIG. 42.—Newton's Steam-Carriage, 1680.

Ryc. 1. „Powóz parowy Newtona” według Thurstona

działającym amerykańskim inżynierem, profesorem w *Stevens Institute of Technology* oraz w *US Naval Academy*. Jego niemal pięćsetstronicowa praca z 1878 r., przedstawiająca szczegółowo ewolucję rozwiązań silnika parowego wraz z jego zastosowaniami, doczekała się czterech wydań z licznymi dodrukami (ostatni w 1907 r.). Już w jej spisie treści, przy podtytule rozdziału *Lokomocja parowa na drogach* znajduje się dość zaskakujący tytuł paragrafu *Lokomotywa Newtona, rok 1680*³. W tekście książki z kolei możemy znaleźć następujący opis domniemanego projektu Newtona z towarzyszącą mu ilustracją (Ryc. 1):

Pierwszym uproszczonym schematem zastosowania pary wodnej do lokomocji na lądzie był prawdopodobnie ten pochodzący od Newtona, który w 1680 roku zaproponował maszynę pokazaną na towarzyszącej rycinie (42). Została ona później uznana za reprezentującą zabawkę naukową (*scientific toy*), którą można znaleźć w niemal każdej kolekcji dydaktycznych aparatów filozoficznych⁴.

Następnie Thurston przytacza krótki opis pojazdu odwołując się do pracy zatytułowanej *Explanation of the Newtonian Philosophy*, której autora jednak nie podaje⁵. Główną częścią pojazdu na schemacie jest kulisty kocioł parowy

³ Robert H. Thurston, dz. cyt., s. viii.

⁴ Tamże, s. 149, fig. 42. „Aparatów filozoficznych” czyli przyrządów naukowych.

⁵ Ze znanych wczesnych opracowań fizyki Newtona podany tytuł pasuje najbardziej do tytułu anglojęzycznego przekładu ważnej pracy Willema J. 'sGravesande'a *Physices elementa mathematica, experimentis confirmata. Sive Introductio ad philosophiam newtonianam* z lat 1720–1721 do-

(na Ryc. 1 – B) podgrzewany paleniskiem D. Od kotła jest odprowadzona z tyłu pojazdu zwięzająca się ku końcowi rura (współcześnie – dysza) C. Strumień wylatującej z niej pary powoduje, na zasadzie reakcji, odrzut i ruch pojazdu w przeciwnym kierunku. Siedzący z przodu kierujący pojazdem, przy pomocy uchwytu E połączonego z zaworem F, kontroluje ilość wypuszczanej pary i zarazem szybkość pojazdu. Thurston w podpisie pod ilustracją nazwał ten pojazd „powozem parowym Newtona”.

Niemal dokładnie taka sama ilustracja jak w książce Thurstona ukazała się w 1887 r. na łamach, wydawanego do dziś, poczytnego magazynu popularnonaukowego „Scientific American”. Towarzyszył jej krótki, półkolumnowy tekst w formie ciekawostki bez podanego nazwiska autora. Na początku tego tekstu możemy przeczytać:

Jest interesujące, że Sir Isaac Newton w jednej ze swoich książek stwierdził, iż byłoby czymś pożądanym, aby wynaleźć nowy sposób podróżowania. Przewidywał nadejście czasu, kiedy stosownie do zdobytej wiedzy będziemy w stanie podróżować z szybkością pięćdziesięciu mil na godzinę (...). Co więcej, świat jest wdzięczny tej znakomitej osobistości za ideę poruszania się na łądzie dzięki mocy pary, ponieważ w swojej pracy *Wyjaśnienia filozofii newtonowskiej*, napisanej w 1680 roku zaproponował projekt niewielkiej lokomotywy pokazanej na towarzyszącej rycinie (...)⁶.

Dalej następuje dłuższy dosłowny cytat z książki Thurstona (którego fragment został przytoczony powyżej), jednak bez wymienienia jego autora oraz – idąc za nim – opis budowy pojazdu. W przytoczonych dwóch cytatach, jednym z książki Thurstona i drugim, z magazynu „Scientific American” mamy do czynienia ze zjawiskiem z zakresu komunikowania społecznego, które można nazwać medialną amplifikacją fałszu. Nieudokumentowana informacja podana przez autorytatywnego autora w wielowydaniowej monografii została wzmocniona dość niefrasobliwą relacją w magazynie popularnonaukowym, niemającą nic wspólnego z rzetelnością historyczną. Jest to szczególnie widoczne w całkowicie fałszywym przypisaniu Newtonowi autorstwa pracy *Wyjaśnienia filozofii newtonowskiej* oraz daty jej opublikowania w 1680 r. Nie ma także nic wspólnego z informa-

konanego przypuszczalnie przez Edmunda Stone’a (ok. 1700 – ok. 1768): Willem J. ’sGravesande, *An explanation of the Newtonian philosophy in lectures read to the youth of the University of Leyden*, [brak inf. o tłumaczu], W. Innys and R. Manby, London 1735 (w podtytule pracy wspomniane jest jedynie, że przekładu dokonał „członek Towarzystwa Królewskiego”).

⁶ [brak inf. o aut.], *Sir Isaac Newton’s Steam Carriage*, „Scientific American”, January 22, 1887, s. 55. Należy zauważyć, że magazyn oprócz najnowszych informacji ze świata nauki i techniki publikował także teksty satyryczne, humorystyczne, również o odkryciach z dzisiejszego punktu widzenia pseudonaukowych lub wynalazkach pseudotechnicznych (np. dotyczących możliwości skonstruowania *perpetuum mobile*).

cjami zawartymi w odpowiednich materiałach źródłowych stwierdzenie, zgodnie z którym autor *Zasad* miał wieszczyć nadejście pojazdów, które rozwiną szybkość pięćdziesięciu mil na godzinę.

Jednak w relacji z książki Thurstona zawarta jest także informacja, która zbliżając się do prawdy, dotyka pewnych faktów historycznych. Chodzi o związek rzekomego projektu pojazdu parowego Newtona z „zabawkami naukowymi”, które można spotkać w kolekcjach przyrządów dydaktycznych. Choć trudno jest w tym miejscu rozważać stan tzw. gabinetów fizycznych gromadzących instrumenty w celach naukowych lub dydaktycznych w ciągu XIX w. pod kątem obecności w nich czegoś w rodzaju modeli pojazdów realizujących ideę przypisywaną Newtonowi, należy jednak stwierdzić istnienie do dnia dzisiejszego takich eksponatów rozproszonych w wielu muzeach nauki i techniki. Wcześniejsze, jeszcze z XVIII w., były niejednokrotnie nazywane „eolipilami Nolleta” (*eolipyle de l'Abbé Nollet*)⁷, w nawiązaniu do słynnych pokazów oraz druków francuskiego fizyka i demonstratora Jeana-Antoine'a Nolleta (1700–1770). Późniejsze, dziewiętnastowieczne były określane mianem „wozów Newtona” (*Newton's cart, carro di Newton*) lub „wozów odrzutowych” (*jet cart*). O tych ostatnich pisali m.in. A.R. Hall i G.L'E. Turner⁸.

Do dziś tego rodzaju oryginalne modele osiemnasto- i dziewiętnastowieczne można spotkać na rynku antykwarycznym, także na aukcjach prowadzonych w Internecie. Można również natrafić na zupełnie małe współczesne modele pojazdu z kulistym kotłem parowym rzędu wielkości kilkunastu centymetrów, niejednokrotnie przypominające „wóz Newtona” z ilustracji Thurstona, zbudowane z metalu i drewna, a oferowane za ok. 20 i więcej euro.

Jak się okazuje, idea „pojazdu parowego Newtona” nie znikła z łamów poważnych dwudziesto-, a nawet dwudziestopierwszowiecznych wydawnictw

⁷ Nazwa eolipila nawiązuje wprost do znanego ze starożytności urządzenia, którego budowę przypisuje się Heronowi z Aleksandrii (I w. n.e.). Eolipila (*aeolipile*), dzisiaj nazywana kulą lub młynkiem Herona, składała się z podgrzewanego ogniem kociołka z wodą, z którego dwie rurki, stanowiące zarazem swobodną oś obrotu metalowej kuli, doprowadzały do niej z dwóch przeciwnych stron gorącą parę wodną. Na dwóch innych, przeciwnych stronach kuli, prostopadłych do jej osi obrotu, zamontowane były dwie inne rurki stanowiące rodzaj dysz, którymi uchodziła zgromadzona w kuli para. Intensywnie gotowana w kociołku para, doprowadzona do kuli wydostawała się dyszami wylotowymi, doprowadzając, na zasadzie odrzutu, do jej szybkich obrotów wokół osi. Idea zastosowana w eolipili Nolleta, podobnie jak w „wozie Newtona” jest ta sama. W tych ostatnich energia kinetyczna wyrzucanego strumienia pary wodnej zmienia się na energię kinetyczną (mechaniczną) pojazdu.

⁸ Hall wspominał o egzemplarzu „wozu Newtona” znajdującym się jako eksponat w Muzeum Nauki i Techniki w Mediolanie, z kolei znany historyk przyrządów naukowych Gerard L'E. Turner (1926–2012) o „wozie odrzutowym” (z londyńskiego warsztatu Haas & Co. z ok. 1800 r.) znajdującym się w Muzeum Historii Uniwersytetu w Pawi; por. A. Rupert Hall, *Isaac Newton's Steamer*, dz. cyt., s. 17; Gerard L'E. Turner, *Nineteenth-Century Scientific Instruments*, Sotheby Publications–University of California Press, London *et al.* 1983, s. 145.

autorstwa inżynierów-specjalistów z zakresu transportu lub technologii napędu, o zacięciu historycznym. Możemy się o tym przekonać wertując np. prace Maxwella G. Laya czy też Giancarla Genty. Ten ostatni autor pod koniec lat 90. XX w. reprodukował w swojej książce znaną już powszechnie ilustrację z pracy Thurstona, zaopatrując ją w komentarz, zgodnie z którym schemat „parowo-reakcyjnego pojazdu” co prawda pochodzi „z jakiejś” pracy Newtona, jednak został on przytoczony bardziej z myślą o zobrazowaniu trzeciej zasady dynamiki, aniżeli o określonym zastosowaniu technicznym. Jest interesujące, że ostatnie, zmienione wydanie monografii Genty (napisane razem z Alessandro Gentą), z tą samą ilustracją i tym samym komentarzem ukazało się w roku 2017⁹.

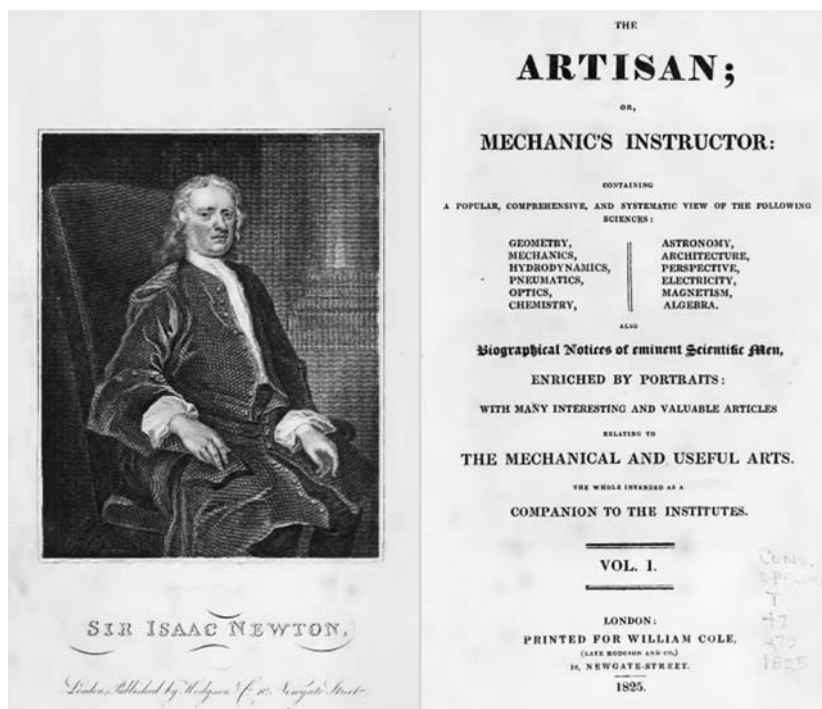
Jeśli jeszcze w drugiej połowie XIX w. mogło być czymś względnie dopuszczalnym, by Newtonowi przypisywać wynalezienie pojazdu na parę, co więcej doszukiwać się informacji o tym w domniemanej jego książce z 1680 r., to w drugiej połowie XX w., w świetle zakrojonych od tego czasu na szeroką skalę skrupulatnych badań historycznych nad drukami i manuskryptami samotnika z Cambridge, podtrzymywanie takiego twierdzenia stało się już całkowicie bezzasadne. Dlatego w sytuacji braku jakichkolwiek odniesień do materiału źródłowego obejmującego spuściznę pisarską Newtona, wyjaśnienia dla wyjątkowej żywotności tezy o rzekomym jego wynalazku pojazdu na parę, jak się wydaje, należy poszukiwać w sferze czynników i nastawień społeczno-kulturowych XIX i XX w.¹⁰

Przede wszystkim, idąc za licznymi badaniami i opiniami współczesnych historyków nauki i techniki, należy wziąć pod uwagę bezpośredni i pośredni wpływ idei oraz eksperymentów mechanicznych prowadzonych przez Newtona oraz jego uczniów na rozwój bardziej ugruntowanego na podstawach teoretycznych rzemiosła, techniki, a niebawem także wielu gałęzi przemysłu. Jak pisze Margaret C. Jacob: „Od lat 90. XVIII wieku dżin przemysłu (*the industrial genie*) został uwolniony z zamknięcia. Zastosowanie mechaniki do wszystkiego, od pary po

⁹ Maxwell G. Lay, *Ways of the World: A History of the World's Roads and of the Vehicles That Used Them*, Rutgers University Press, New Brunswick–New Jersey 1992, s. 136; Giancarlo Genta, *Motor Vehicle Dynamics: Modeling and Simulation*, World Scientific, Singapore et al. 1997, s. 19–21; Giancarlo Genta, Alessandro Genta, *Road Vehicle Dynamics: Fundamentals of Modeling and Simulation*, World Scientific, New Jersey et al. 2017, s. 24–25.

¹⁰ Przyjęta w tym zdaniu strategia oparta jest na sformułowanej przez filozofa nauki Larry'ego Laudana regule metodologicznej określanej mianem zasady aracionalności (*arationality principle*). W ujęciu innego filozofa nauki Józefa Życińskiego (1948–2011), reguła ta orzeka, „iż przy interpretacji zjawisk dotyczących struktury i rozwoju nauki należy odwoływać się do pozamerytorycznych zewnętrznych uwarunkowań wtedy i tylko wtedy, gdy określonych faktów nie można wyjaśnić przez odwołanie się do immanentnych składników nauki konstytuujących ich teoretyczną zawartość”, Józef Życiński, *Elementy filozofii nauki*, Copernicus Center Press, Kraków 2015, s. 227; por. także: Larry Laudan, *Progress and its Problems. Towards a Theory of Scientific Growth*, Routledge & Kegan Paul, London, s. 201–202. W przypadku tezy o pojeździe parowym Newtona nie można jej powiązać z jakąkolwiek informacją zawartą w aktualnie dostępnych jego pracach.

bawelnę, a co za tym idzie ukształtowanie się pierwszej opartej na wiedzy gospodarki, zaczęło się na poważnie.¹¹ W literaturze naukowej i technicznej tego okresu coraz częściej pojawiało się wyrażenie „nauka stosowana” (*applied science*) oraz „mechanika stosowana”¹². Sam Newton od tego czasu był traktowany nie tylko jako postać kluczowa dla nowożytnych nauk matematyczno-empirycznych, ale także jako patron unaukowanego rzemiosła i techniki (Ryc. 2). Ze szczególnym nasileniem od połowy XIX w. poszukiwano także naukowego ugruntowania dla edukacji inżynierskiej oraz legitymizacji statusu profesora-inżyniera¹³.



Ryc. 2. Wizerunek Newtona umieszczony obok strony tytułowej podręcznika z zakresu „umiejętności mechanicznych i użytecznych”¹⁴

¹¹ Margaret C. Jacob, *Introduction*, [w:] *Newton and Newtonianism. New Studies*, red. J.E. Force, S. Hutton, Kluwer Academic Publishers, New York et al. 2004, s. xv; por. także: Margaret C. Jacob, Larry Stewart, *Newton's Science in the Service of Industry and Empire, 1687–1851*, Harvard University Press, Cambridge, MA-London 2004, s. 6.

¹² Zob. Robert Bud, „*Applied Science*”. *A Phrase in Search of a Meaning*, „*Isis*” 2012, nr 3, s. 537–545.

¹³ Por. Jacek Rodzeń, *Nauka a technika (technonauka)*, [w:] *Metodologia nauk, cz. 1: Czym jest nauka?*, red. S. Janeczka et al. (Seria: *Dydaktyka Filozofii*, red. S. Janeczka, t. 9), Wydawnictwo KUL, Lublin 2019, s. 672; David F. Channell, *Technological Thinking in Science*, [w:] *The Role of Technology in Science: Philosophical Perspectives*, red. S.O. Hansson, Springer, Dordrecht 2015, s. 44.

¹⁴ [brak inf. o aut.], *The Artisan Or Mechanic's Instructor...*, W. Cole, London 1825.

Uznaniu Newtona za koryfeusza nauki i techniki towarzyszyło przenikanie jego sławy do sfery literatury i poezji. Następowala przy tym swoista mityzacja jego wizerunku. Najbardziej znanym tego przejawem jest dwuwiersz Alexandra Pope'a (1688–1744):

Naturę i jej prawa ciemność spowijała;
Bóg rzekł: „Niech będzie Newton!” I światłość się stała¹⁵.

Mniej znane jest odwołanie się do postaci samotnika z Cambridge innego angielskiego poety George'a G. Byrona (1788–1824) w poemacie *Don Juan* z 1819 r.:

Przez jabłko runął człek, przez jabłko wstaje
(Jeżeli runął); a uważać trzeba,
Że sposób, jakim Newton wstąpił w kraje
Stopą nie tkniętych kołowrotów nieba,
Ludzkiej bezsile odwagi dodaje.
Odtąd płodna jest wynalazków gleba,
Człowiek maszyny nowe ciągle kleci
I wkrótce parą do Księżyca wzleci¹⁶.

Wykorzystując metaforę jabłka (ściślej wg Biblii – owocu), łączącą Adama z biblijnej opowieści o pierwotnej rajskiej szczęśliwości ze spadającym jabłkiem, które – według legendarnego przekazu – miało inspirować Newtona w odkryciu prawa ciężenia powszechnego, poeta kreuje w swoim utworze autora *Zasad* na nowego Adama, który przywrócił ludzkości utraconą godność. Dzięki genialnemu odkryciu praw przyrody Newton przyczynił się do wielu dobroczynnych wynalazków. Warto zwrócić uwagę na to, że jednym z nich ma być również jakaś bliżej nieokreślona technika wykorzystująca parę, która umożliwi człowiekowi podróż do Księżyca.

Na płaszczyźnie faktualnej, w perspektywie związków historycznych obydwu przywołane powyżej obrazy: thurstonowskiego pojazdu na parę i byronowskiej techniki kosmicznej, nie mają zasadniczo jakiegokolwiek znaczenia, nie niosą żadnej wartościowej wiedzy o stanie techniki w XVIII czy XIX w. Jednak na płaszczyźnie mitów lub kodów kulturowych niosą one ważne przeświadczenia, z którymi nosili się nie tyle przyrodnicy czy rzemieślnicy, lecz zwykli ludzie i twórcy kultury artystycznej. Taki był ówczesny odbiór mentalny dokonań Newtona, wynalazku silnika parowego i perspektyw, mniej lub bardziej realnych, które on roztrzącał w szerokich kręgach społecznych. Jak pisze o tym zjawisku

¹⁵ Cytat za: Norman Davies, *Europa. Rozprawa historyka z historią*, przekład E. Muskat-Tabakowska, Społeczny Instytut Wydawniczy Znak, Kraków 1998, s. 331.

¹⁶ George G. Byron, *Don Juan*, przekład E. Porębowicz, PIW, Warszawa 1986, s. 389. Por. także: Gabriela Świtek, *Boullée, Wolter, Newton. Architektura i Newtonianizm w dobie Oświecenia*, „Roczniki Historii Sztuki” 2014, nr 39, s. 73–96.

Patricia Fara: „Jak w przypadku wszystkich mitów, również słynne słowa i czyny Newtona – czy to faktyczne, czy zmyślane – wciąż nabierają lub tracą znaczenie, odzwierciedlając i kształtując zmienne społeczne zapatrywania. (...) Przedstawiają kody dotyczące postaw moralnych i praktyki naukowej”¹⁷.

Wózek 'sGravesande'a, trzecia zasada dynamiki i siła pary wodnej

W tej części artykułu cofniemy się do pierwszej połowy XVIII w., do okresu kiedy Newton działał jako prezes Towarzystwa Naukowego w Londynie, a wokół niego zgromadziła się grupa zwolenników i popularyzatorów jego dokonań z zakresu fizyki. Według A. Ruperta Halla w pracach jednego z wczesnych newtonian należy doszukiwać się związku lub pretekstu dla, omawianego powyżej, obrazu pojazdu na parę, rzekomo zaprojektowanego przez Newtona. Autorem tym miałby być holenderski fizyk i eksperymentator Willem Jacob 'sGravesande (1688–1742), a wskazaną pracą książka *Physices elementa mathematica, experimentis confirmata. Sive introductio ad philosophiam Newtonianam* z lat 1720–1721¹⁸.

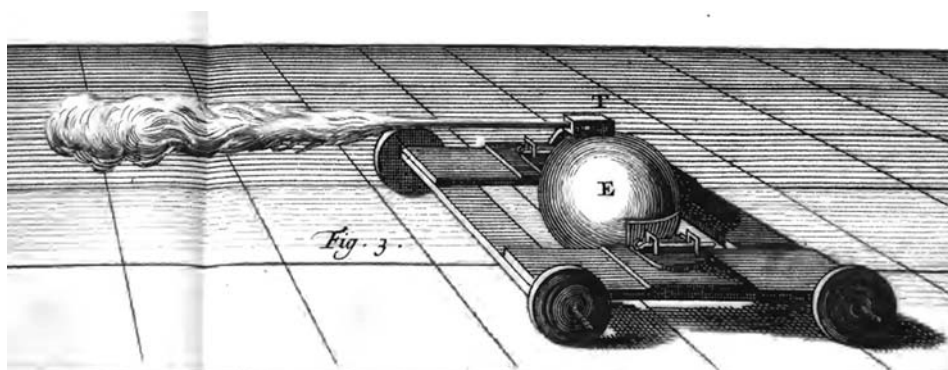
W drugim tomie wymienionej pracy 'sGravesande'a przedstawiona jest ilustracja (Ryc. 3) i opis czterokołowego modelu, który porusza się dzięki sile wyrzutu gorącej pary z dyszy umieszczonej na szczycie kuli (o średnicy 4 cali) wykonanej z blachy mosiężnej, wypełnionej gotującą się wodą. „Podwozie” modelu i kula na wodę (rodzaj eolipili) tworzą oddzielne części. Kula jest podgrzewana na ogniu do stanu intensywnego wrzenia wody. Następnie przenoszona jest na „podwozie” modelu. Po usunięciu miedzianego klina w dyszy umieszczonej na szczycie kuli, uwolniona para wodna powoduje odrzut, a właściwie odjazd modelu w przeciwnym kierunku na odległość kilkunastu, kilkudziesięciu centymetrów¹⁹. W późniejszych wydaniach pracy 'sGravesande'a z lat 40. XVIII w. została dodana uwaga, iż na podobnej zasadzie działają rakiety (*sky-rockets*), czyli dzisiejsze fajerwerki²⁰.

¹⁷ Patricia Fara, *Newton: The Making Genius*, Columbia University Press, New York 2002, s. 204. Na dalekosiężny oddźwięk społeczno-kulturowy obrazu silnika parowego, określanego mianem technologii definiującej, a więc odciskającej szczególne piętno na danym okresie historii zwracał uwagę J. David Bolter; zob. J. David Bolter, *Człowiek Turinga. Kultura Zachodu w wieku komputera*, przekład T.Goban-Klas, PIW, Warszawa 1990, s. 64–65.

¹⁸ Willem J. 'sGravesande, *Physices elementa mathematica, experimentis confirmata. Sive Introductio ad philosophiam newtonianam*, apud Petrum van der Aa, Lugduni 1720–1721. Przez Halla praca ta została określona jako „najbardziej wpływowa książka tego rodzaju, przynajmniej przed 1750 rokiem”; A. Rupert Hall, 'sGravesande, *Willem Jacob*, [w:] *Dictionary of Scientific Biography*, t. 5, red. C.C. Gillispie, Charles Scribner's Sons, New York 1981, s. 510. Warto zwrócić uwagę na pierwszą część jej tytułu, zbliżoną do tytułu newtonowskich *Principia Mathematica Philosophiae Naturalis*.

¹⁹ Willem J. 'sGravesande, *Physices elementa mathematica...*, t. 2, dz. cyt., s. 16 (tabl. III, fig. 3).

²⁰ Tenże, *Mathematical Elements of Natural Philosophy Confirm'd by Experiments: Or, An Introduction to Sir Isaac Newton's Philosophy*, t. 2, przekład J.T. Desaguliers, W. Innys, T. Longman, London 1747, s. 70 (wydanie 6); tenże, *Physices elementa mathematica...*, t. 2, apud Henricum Albertum Gosse & Soc., Genevae 1748, s. 664 (wydanie 4, przejrzone i poprawione).



Ryc. 3. Model pojazdu poruszanego siłą pary wodnej

Pod reprodukcją tej samej ilustracji w artykule Halla umieścił on podpis: „Pojazd parowy Newtona”. Można zapytać: czy nie zbyt pochopnie? Angielski historyk nauki zdaje się sugerować, że eksperyment z wózkiem mógł być ilustracją trzeciej zasady dynamiki Newtona (czyli zasady akcji-reakcji), ale sam ‘sGravesande do niej w swoim opisie się nie odniósł. Pierwotna nazwa rozdziału jego książki z tym eksperymentem brzmiała *De motu ignis* („O ruchu ognia”) i dotyczyła dylatacji czyli rozszerzania się ciał pod wpływem ciepła. Hall pisze dalej: „Zakładając, że pierwotna inspiracja [dla tego eksperymentu – J.R.] pochodziła od Newtona, to czy inni wcześnie newtonianie-eksperymentaliści odzwierciedlają ideę napędu przez reakcję?”, a następnie, niejako odpowiadając sobie, dodał: „Wydaje się czymś zaskakującym, że w XVIII w. trudno jest znaleźć odniesienia do napędu przez reakcję (...)”²¹.

Czy można jednak w ogóle zakładać bezpośrednią inspirację ze strony samego Newtona w odniesieniu do powyższego eksperymentu? Zapewne można, ale nie mamy na to żadnego poświadczenia w źródłach pisanych²². Wiadomo jedynie, że ‘sGravesande, prawnik z wykształcenia i praktyki, a matematyk z zamiłowania, znalazł się w Londynie na początku 1715 r. jako członek delegacji z ramienia rządu holenderskiego, która miała złożyć wizytę gratulacyjną nowo koronowanemu królowi Wielkiej Brytanii Jerzemu I Hanowerskiemu (1660–1727). 24 marca tego samego roku uczestniczył w pokazie eksperymentów fizycznych przeprowadzonych przez Johna T. Desaguliersa (1683–1744) w ambasadzie holenderskiej, ściśle nawiązujących do dokonań Newtona²³. Od tego czasu datowała się przy-

²¹ A. Rupert Hall, *Isaac Newton's Steamer*, dz. cyt., s. 22.

²² W opublikowanej korespondencji Newtona znajdują się zaledwie dwa listy ‘sGravesande’a (z 1714 i 1721 r.) dotyczące zupełnie innych zagadnień.

²³ Tenże, ‘sGravesande, *Willem Jacob*, dz. cyt., s. 509; por. także: Audrey T. Carpenter, *John Theophilus Desaguliers. A Natural Philosopher, Engineer and Freemason in Newtonian England*, Continuum, London–New York 2011, s. 63. Desaguliers od roku 1714 był tzw. kuratorem ekspe-

jażń i współpraca ‘sGravesande’a z Desaguliersem, a także innymi angielskimi popularyzatorami myśli newtonowskiej. Ponieważ ‘sGravesande przez niemal cały rok 1715 przebywał w Londynie, uczestnicząc m.in. w posiedzeniach Towarzystwa Królewskiego (którego 9 czerwca został członkiem), nie można wykluczyć jego osobistych kontaktów z Newtonem, a co za tym idzie jakiejś wymiany zdań na temat eksperymentów fizycznych. To właśnie fascynacja Newtonem, znajomość z Desaguliersem i zamiłowanie do eksperymentowania doprowadziły Holendra do napisania książki *Physices elementa mathematica*.

Jest wysoce prawdopodobne, że wiele eksperymentów, których opis ‘sGravesande przedstawił w swojej pracy z 1720 r. mogło także zostać zaczerpniętych z pokazów Desaguliersa. Jednym z nich mógł być eksperyment z wózkiem poruszającym parą wodną. Jednak ani we wcześniejszych, ani późniejszych pracach samego Desaguliersa (oczywiście poza przekładem pracy ‘sGravesande’a) nie ma jakiegokolwiek wzmianki lub ilustracji projektu pojazdu poruszanego siłą pary. Opis i ilustracja wózka trójkołowego na parę (Ryc. 4), zbliżonego wyglądem do tego, zamieszczonego w pracy ‘sGravesanda, znajduje się natomiast w słynnych *Leçons de physique expérimentale* Nolleta²⁴, o czym Hall nie wspomina. Francuski fizyk i eksperymentator przebywał w Londynie w 1734 r., gdzie spotkał się z Desaguliersem i poznał liczne jego eksperymenty oraz przyrządy pokazowe. Po powrocie do Paryża miał z miejsca przystąpić do przygotowania swoich własnych pokazów w domu przy *rue de Mouton* i ich spisania w wielotomowych wykładach fizyki eksperymentalnej²⁵. Ich popularność w niemal całej ówczesnej Europie, a co za tym idzie również opis i ilustracja modelu pojazdu poruszanego siłą pary mogły w jakimś stopniu przyczynić się do jego budowy przez wytwórców przyrządów i rozpowszechnienia wspomnianych powyżej tzw. eolipili Nolleta.



Ryc. 4. Pojazd na parę Nolleta z 1748 r.

rymentów w Towarzystwie Królewskim, odpowiedzialnym m.in. za przygotowywanie pokazów doświadczeń i dbanie o przyrządy naukowe; zob. John L. Heilbron, *Physics at the Royal Society during Newton's Presidency*, University of California Press, Los Angeles 1983, s. 28.

²⁴ Jean-Anatoine Nollet, *Leçons de physique expérimentale*, t. 4, chez les freres Guerin, Paris 1748, s. 77–84 (tabl. 2, fig. 6).

²⁵ Jean Torlais, *L'Abbé Nollet, 1700–1770, et la physique expérimentale au XVIIIe siècle*, Université de Paris, Paris 1959, s. 8–9; zob. także: Audrey T. Carpenter, dz. cyt., s. 38.

Ani 'sGravesande, ani Desaguliers i w końcu Nollet, przytaczając swoje eksperymenty z modelami kołowymi poruszonymi parą wodną, nie odwoływali się do III zasady dynamiki, która także obejmuje wzmiankowane przez niektórych z nich (np. Desaguliersa²⁶) zjawiska wynoszenia w powietrze rac czy fajerwerków, odrzutu zasilanych prochem strzelniczym dział artyleryjskich czy strzelb. Może to być spowodowane tym, że sam Newton w swoich *Zasadach*, które przez jego zwolenników były traktowana niczym *Biblia*, nie wymienił wspomnianych przykładów w odnośnych fragmentach swojego dzieła przy okazji omawiania zasady akcji-reakcji (on sam nazywał ją „III zasadą ruchu”). Dla jej zilustrowania posługiwał się natomiast względnie prostymi przykładami mechanicznymi zderzenia kul różnej wielkości, a także oddziaływania kół w mechanizmie zegarowym i różnych ruchomych części w maszynach²⁷.

Jak się wydaje, wszyscy wymieni eksperymentatorzy newtonianie, w swoich opisach modelu pojazdu parowego przede wszystkim podkreślali znaczenie siły rozprężającej się pary wodnej, będącej w stanie wprawić w ruch różne układy mechaniczne. Jest to szczególnie widoczne w przypadku opisu Nolleta, co może być zrozumiałe, zważywszy na wydanie jego książki w 1748 r., a więc w okresie intensywnych prac nad silnikiem parowym, w tym m.in. niedługo po zbudowaniu jego wariantu przez Thomasa Newcomena (1664–1729) w 1712 r. Pisząc o zastosowaniach (*applications*) siły pary Nollet wspomniał o zasługach swoich rodaków, Denisa Papina (1647–ok. 1712) i André Dalesme’a (1643–1727), którzy jeszcze w 1705 r. miał rzekomo zaprojektować silnik podobny do maszyny Newcomena²⁸. Tak więc narrację francuskiego eksperymentatora zdominował bardziej praktyczny wymiar zastosowania zjawiska rozprężenia pary, aniżeli walory dydaktyczne doświadczenia z pojazdem odrzutowym mającym ilustrować III zasadę dynamiki.

Parostatek Papina i wynalazcza pomyłka Newtona

W ostatniej części tego artykułu pozostaniemy z naszą refleksją w okresie prezesury Newtona w Towarzystwie Królewskim, a dokładniej około dziesięciu lat przed, przybliżonym powyżej, epizodem związanym z pobytem w kręgu londyń-

²⁶ John T. Desaguliers, *Physico-Mechanical Lectures, Or, An Account of what is Explain'd and Demonstrated in the Course of Mechanical and Experimental Philosophy*, nakładem i drukiem autora, London 1717, s. 79.

²⁷ Isaac Newton, *Matematyczne zasady filozofii przyrody*, przekład J. Wawrzycki, Copernicus Center Press, Kraków 2011, s. 197–198; 209.

²⁸ Jean-Antoine Nollet, dz. cyt., s. 82–83 (w ramach rozdziału zatytułowanego: „O wodzie rozważanej w stanie pary”). Rzekome zasługi Dalesme’a na polu silników parowych były podtrzymywane jeszcze w XIX w., zwłaszcza przez autorów frankofońskich. Dziś o tym inżynierze wspomina się jedynie w związku z wynalezieniem przez niego tzw. pieca bezdymnego (*furnus acapnos*).

skich newtonian Willema ‘sGravesande’a. Poświęćmy ją ciekawemu spotkaniu myśli autora *Zasad* z myślą jednego z najbardziej uzdolnionych inżynierów i wynalazców XVII w., wspomnianego już Denisa Papina.

Papin dziś pozostaje znany głównie dzięki konstrukcji kotła, zwanego od jego nazwiska kotłem Papina (współcześnie – autoklawem), zaopatrzonego w oryginalny zawór (klapę) bezpieczeństwa (praca z 1681 r.). Podobnie jak to, również inne jego rozwiązania konstrukcyjne i wynalazki opierały się na zjawiskach związanych z zachowaniem się pary wodnej w różnych warunkach fizycznych i technicznych. W szczególności Papin uważany jest współcześnie za jednego z protoplastów prac nad silnikiem parowym, choć po dziś dzień nie ma jednoznacznych opinii co do zakresu jego wkładu do tego wynalazku²⁹. Jak się wydaje, jako pierwszy dał podstawy teoretyczne i zbudował pionierski wariant tłokowego silnika atmosferycznego (prace zwieńczone publikacją z 1690 r.)³⁰.

Zainteresowanie głównie zjawiskami pneumatycznymi Papin wyniósł z okresu współpracy, najpierw z Christiaanem Huygensem (1629–1695) w Paryżu (lata 1671–1675), potem w Londynie z Robertem Boylem (1627–1691), uczestnicząc m.in. w jego pracach nad budową pompy próżniowej. W latach 1679–1680 był w Towarzystwie Królewskim asystentem kuratora doświadczeń Roberta Hooke’a (1635–1703), a następnie w latach 1684–1688 zastępował go (*temporary curator*). Po tym czasie (jako francuski hugenota i wygnaniec) przebywał w Kassel u boku mecenasa swoich przedsięwzięć inżynierskich, landgraфа Hesji Karola I (1654–1730), pozostając także związany jako profesor matematyki z Uniwersytetem w Marburgu³¹. Przez Huygensa Papin poznał Gottfrieda W. Leibniza (1646–1716), z którym utrzymywał żywy kontakt do końca swego życia³².

²⁹ Zob. np.: Alicia McConnell, *Papin, Denis (1647–1712?)*, [w:] *Oxford Dictionary of National Biography*, t. 42, red. H.C.G. Matthew, B. Harrison, Oxford University Press, Oxford 2004, s. 597–599; Louis de la Saussaye, Andre Péan, *La vie et les ouvrages de Denis Papin*, t. 1, Franck, Paris-Blois 1869; Charles Cabanes, *Denys Papin, inventeur et philosophe cosmopolite*, Société française d’éditions littéraires et techniques, Paris 1935; Richard S. Westfall, *Papin, Denis [Denys]*, [w:] *The Galileo Project*, Rice University 1995, <http://galileo.rice.edu/Catalog/NewFiles/papin.html> (dostęp: 23 VIII 2019). Należy zauważyć brak możliwie wyczerpującej współczesnej anglojęzycznej biografii naukowej Papina.

³⁰ Dionysius Papinus, *Nova methodus ad vires motrices validissimas levi pretio comparandas*, „Acta Eruditorum”, Augusti 1690, s. 410–414; tenże, *Recueil de diverses pièces touchant quelques nouvelles machines*, J.E. Huter, Cassell 1695, s. 51–65.

³¹ Jako hugenota Papin musiał opuścić Francję po odwołaniu przez króla Ludwika XIV tzw. edyktu nantejskiego w 1685 r., gwarantującego protestantom wolność wyznania i kultu.

³² Znana jest zwłaszcza długoletnia korespondencja między Leibnizem a Papinem; zob. *Leibnizens und Huygens, Briefwechsel mit Papin*, red. E. Gerland, Sändig, Vaduz 1881; Alberto G. Ranea, *Leibniz’s Briefwechsel mit D. Papin*, „Prima Philosophia” 1993, nr 3, s. 277–290.

W 1698 r., nakloniony przez landgrafa Karola I, Papin rozpoczął prace nad nowym rodzajem silnika parowego, a właściwie beztłokowej pompy ssącej³³. W odróżnieniu od poprzedniej maszyny, w której tłok w cylindrze był wprawiany w ruch przez ciśnienie atmosferyczne, druga maszyna Papina była o wiele bardziej skomplikowana mechanicznie i wykorzystywała wysokie ciśnienie rozprężającej się pary. W tym samym czasie, choć niezależnie od francuskiego konstruktora, swoje prace nad silnikiem parowym, również beztłokowym, prowadził angielski inżynier wojskowy Thomas Savery (ok. 1650–1715). Działanie jego pompy-silnika było tylko w pewnym zakresie zbliżone do działania pompy Papina (urządzenie Savery’ego wykorzystywało zarówno rozprężanie się pary wodnej, jak i ciśnienie atmosfery). Savery opatentował swoją pompę w roku 1698, a cztery lata później wydał popularyzującą ją książkę zatytułowaną *The Miner’s Friend*³⁴.

W 1705 r., sekundujący wysiłkom Papina Leibniz przesłał mu ryciny przedstawiające pompę Savery’ego. Prace Anglika śledził także landgraf Karol I. Tymczasem Papin usiłował przekonać obu o wyższości swojego wariantu pompy parowej i dążył do praktycznego skonfrontowania i porównania walorów ich działania. Ostatecznie stwierdził rok później w liście do Leibniza, iż jest „dość zadowolony” (*assez satisfied*) ze swojego projektu³⁵. Papin nie opatentował jednak pompy parowej, natomiast zaprezentował ją w wydanych w 1707 r. dwóch wersjach książki, francusko- i łacińskojęzycznej³⁶. Jeszcze przed jej opublikowaniem przesłał próbne kopie Leibnizowi, od którego w odpowiedzi otrzymał entuzjastyczny list³⁷. Z kolei w kwietniu 1707 r. łacińskojęzyczny egzemplarz przesłał do londyńskiego Towarzystwa Królewskiego, której to instytucji *notabene* tę książkę dedykował.

Chcąc dowieść praktycznych walorów nowego silnika-pompy parowej, Papin postanowił zrealizować swoje dawne marzenie inżynierskie, projektując oparty na nim statek napędzany parą wodną³⁸. Podczas pobytu w Kassel zbudował nawet

³³ Por. Alan Smith, *A New Way of Raising Water by Fire: Denis Papin’s Treatise of 1707 and Its Reception by Contemporaries*, „History of Technology” 1998, nr 20, s. 141.

³⁴ Patent nr 356 z 25 lipca 1698 r., *Raising water by impellent force of fire* [Thomas Savery]; por. Philip Johnson, *Parliament, Inventions and Patents: A Research Guide and Bibliography*, Routledge, Abingdon–New York 2018, s. 224; Thomas Savery, *The Miner’s Friend; or An Engine to Rise Water by Fire*, S. Crouch, London 1702.

³⁵ List Papina do Leibniza z 24 czerwca 1698 r.; *Leibnizens und Huygens*, dz. cyt., s. 366.

³⁶ Denis Papin, *Ars nova ad aquam ignis adminiculo efficacissime elevendam*, M. Groot, Cassell–Francofurt 1707; tenże, *Nouvelle manière pour lever l’eau par la force du feu*, J.G. Voguel, Cassell 1707.

³⁷ List Leibniza do Papina z 4 lutego 1707 r.; *Leibnizens und Huygens*, dz. cyt., s. 372–376, por. Alan Smith, dz. cyt., s. 142.

³⁸ Z podobnym pomysłem Papin podzielił się już na łamach „Acta Eruditorum” w 1690 r. Pisał wtedy o „sile [ognia, czyli ogrzanej pary wodnej – J.R.] do poruszania statków pod wiatr (navi ad verso vento provehendae)”; D. Papinus, *Nova methodus ad vires*, dz. cyt., s. 412.

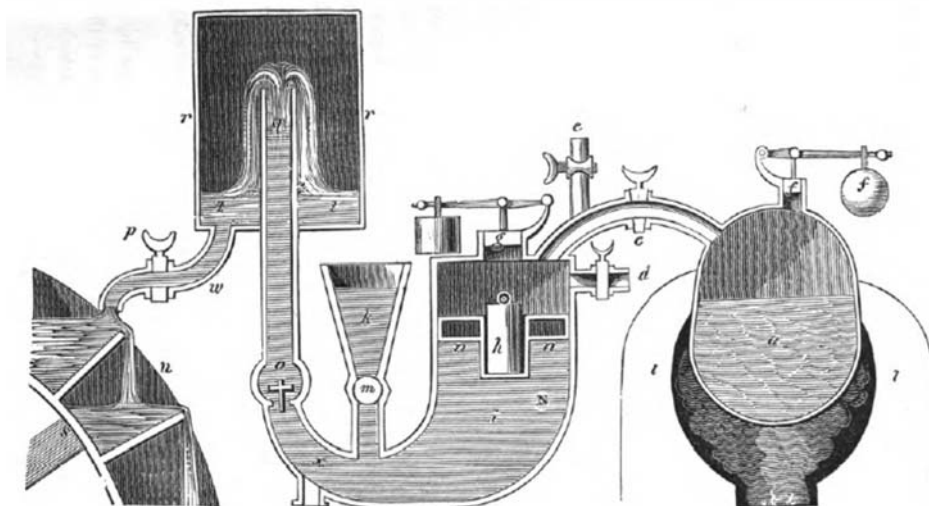
nieduży roboczy model łodzi poruszanej kołem lub kołami zaopatrzonymi w łopatki na wzór wiosel³⁹. Nad powierzchnią wody łopatki były wprawiane w ruch przez strumień wody z pompy (Ryc. 5). We wrześniu 1707 r. francuski inżynier zwodował swój model na rzece Fulda. Kiedy podekscytowany Leibniz przybył pospiesznie do Kassel 23 września, ujrzał Papina wraz ze swoją rodziną na pokładzie małego parostatku. Okazał mu wtedy list rekomendacyjny⁴⁰ do sekretarza Towarzystwa Królewskiego Hansa Sloane'a (1660–1753) zawierający prośbę, by za jego wstawiennictwem szacowne gremium londyńskich uczonych mogło wysłuchać i ewentualnie wesprzeć prace francuskiego wynalazcy nad nowym rodzajem napędu. Papin postanowił sprawdzić swoją łódź na rzece, zamierzając dopłynąć najpierw do Hanoweru, a jeśli to by było możliwe, do samej Anglii, by stanąć ze swoim wynalazkiem przed obliczem królowej Anny (1665–1714). Dopłynął Fuldą jedynie do rzeki Wezera i miasteczka Münden, gdzie nie uzyskał jednak zgody od tamtejszych władz (mimo interwencji Leibniza) na dalszą podróż do Hanoweru, a jego łódź przez przewoźników rzecznych została zdemontowana⁴¹.

Niezrażony przeciwnościami losu, Papin postanowił osobiście udać się do Londynu (po latach nieobecności) i tam próbować przekonać do swojego projektu parostatku Towarzystwo Królewskie. W tym celu wystosował do uczonego gremium pisemną propozycję odczytaną 11 lutego 1708 r., która przedstawiała zarys projektu pompy i statku, a także prośbę o pomoc finansową na jego realizację. W części dotyczącej samego silnika-pompy czytamy między innymi:

³⁹ Niestety, w źródłach nie ma wyraźnych wskazówek co do samych kół łopatkowych, ich liczby i lokalizacji w konstrukcji statku. Ponieważ w przypadku idei łodzi parowej z 1690 r. Papin miał wzorować się na „statku konnym” (*horseboat*), a więc napędzanym siłą mięśni koni, urzeczywistnionym ok. 1680 r. na Tamizie przez księcia Ruperta Reńskiego (1619–1682) oraz wykorzystać przekładnię liniową przekazującą napęd z tłoków na oś z kołami, te ostatnie przypuszczalnie mogły być umieszczone przy obu burtach (rodzaj statku bocznokołowego); por. tamże, s. 413; zob. także: Kevin J. Crisman, Arthur B. Cohn, *When Horses Walked on Water: Horse-powered Ferries in Nineteenth-century America*, Smithsonian Institution Press, Washington–London 1998, s. 10. W przypadku rozwiązania z 1707 r. bardziej naturalnym, ze względu na wysoki strumień pompowanej wody, byłoby zainstalowanie koła tylnego (rodzaj tylnokołowca).

⁴⁰ Leibniz do Sloane'a z 23 września 1707 r.; British Library: Sloane Mss 4041, f. 27; tekst listu znajduje się także w: Ernest Gerland, *Nachtrag zu Leibnizens und Huygens' Briefwechsel mit Papin*, „Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften“ 1882, nr 2, s. 979–984. Zob. także: tenże, *Das sogenannte Dampfschiff Papins*, „Zeitschrift des Vereins für Hessische Geschichte und Landeskunde“ 1880, nr 8, s. 221–227; Louis de la Saussaye, *Memoire sur des expériences de navigation par la vapeur en 1707*, „Mémoires lus à la Sorbonne” 1866, nr 4, s. 1–31.

⁴¹ Zob. List Papina do Leibniza z 15 września 1707 r.; *Leibnizens und Huygens*, dz. cyt., s. 383–384. Działania przewoźników z Münden nie były bezprawne, gdyż ich cech posiadał w tym czasie pewne przywileje pozwalające zdemontować łódź obcego żeglarza, jeśli nie uzyskał on pozwolenia wydanego przez stosowne władze na kontynuowanie podróży; zob. Karl Radunz, *100 Jahre Dampfschiffahrt 1807–1907*, C.J.E. Volckmann, Rostock 1907, s. 19–23.



Ryc. 5. Ilustracja zasady wykorzystania strumienia wody z pompy Papina do napędu koła łopatkowego statku⁴²

Proponuję więc, z całym szacunkiem, zbudować tutaj silnik (*engine*⁴³), w ten sam sposób, którym posłużono się w Kassel i przysposobić go tak, by można go było wykorzystać do *poruszania statku* [kursywa Papina – J.R.]. Silnik można wykorzystać przez godzinę lub więcej razem z innym, zbudowanym według metody Savery’ego. Wielkość działania powinna zostać obliczona zarówno pod względem ilości wody wypompowanej przez każdą z maszyn, jak i pod względem wysokości jej strumienia. Co do rzeczonyj wysokości, powinniśmy użyć metody zalecanej przez znamienitego Prezesa [Newtona – J.R.], a mianowicie wyrzucać silnikiem pociski (*bullets*) [wodne – J.R.] o nachyleniu czterdziestu pięciu stopni i przyjąć w obliczeniach, iż rzeczona wysokość jest połową poziomej odległości, na którą pociski są wyrzucane; a byłyby to regułą zarówno dla jednej, jak i drugiej maszyny.⁴⁴

Jak można zauważyć w przytoczonym cytacie, Papin nie tylko rozważał budowę silnika i statku opartych na własnych pomysłach, ale również zorganizowanie eksperymentu porównującego możliwości techniczne własnego roz-

⁴² Robert Stuart, *Descriptive History of the Steam Engine*, J. Chidley, London 1831, s. 50 (ryc. 14).

⁴³ Nazwa angielska *engine* pojawiła się około połowy XVII w. na oznaczenie urządzeń mechanicznych składających się z wielu współpracujących ze sobą elementów; por: Julia Cresswell, *Oxford Dictionary of Word Origins*, Oxford University Press, Oxford 2010, s. 150.

⁴⁴ Denis Papin, *Proposals to make an 80 tun ship*, Royal Society MSS, Classified Papers, t. 18i („Papin and Hauksbee papers”), f. 66 [odczytana w *Royal Society* 11 lutego 1708 r.].

wiązania z projektem silnika Savery'ego. Po niecałym miesiącu, 17 marca Towarzystwo Królewskie przedstawiło opinię i zarazem odpowiedź na propozycję Papina, sformułowaną przez samego prezesa Towarzystwa Isaaca Newtona. Jest to tym bardziej interesujące, że w tym przypadku miał on się wypowiedzieć na temat z zakresu określonej techniki i wynalazczości, a nie z obszaru szeroko pojętej matematyki, astronomii czy filozofii przyrody. Świadczyło to niewątpliwie o przeświadczeniu członków Towarzystwa o wyjątkowych kompetencjach autora *Zasad*⁴⁵ oraz, co było dość oczywiste, o wielkim szacunku, jakim go darzono. A oto pełny zapis opinii Newtona:

Jeśli pompa zaproponowana przez dra Papina potrafi wyrzucić w powietrze każdej minuty 400 funtów [ok. 180 kg – J.R.] wody z szybkością 128 stóp paryskich [ok. 40 m] na sekundę, jej strumień osiągnie wysokość 100 jardów [ok. 90 m] lub 200 jardów w poziomie, a zrobi to 30 razy na minutę. Czy jest to wykonalne, może zdecydować tylko eksperyment, o ile to się uda. Nie uważam jednak, by taka pompa mogła zostać z powodzeniem wykorzystana w wielu sytuacjach, takich jak: sztuczne fontanny, odwadnianie rowów, mokradeł, kopalń etc., (...) a także do poruszania statków i galer za pomocą odrzutu silnika (*the recoil of the engine*) i odpowiednio zastosowanej siły strumienia. Ale moc i sposoby wykorzystania silnika muszą być stopniowo poznane, najpierw na drodze najprostszycch oraz najtańszych eksperymentów i rozumowania z tych eksperymentów.⁴⁶

Zarówno Papin, jak i Newton przytoczyli w przywołanych fragmentach swoich wypowiedzi szereg liczb, które w obszarze techniki, zwłaszcza projektów nowatorskich, stanowią istotny element wstępnej oceny ich wartości. Nie będziemy jednak w tym miejscu wchodzić w szczegóły obliczeń⁴⁷. Zgodnie z zamysłem tego artykułu ważne jest przede wszystkim podkreślenie osobistego zaangażowania Newtona w obszarze, nabierających dynamiki w pierwszej połowie XVIII w. działań konstruktorskich, zmierzających do zbudowania wydajnego i wielozadaniowego silnika parowego. Jego opinia w sprawie projektu Papina nie wydaje się mimo to jednoznaczna. Z jednej strony autor *Zasad* wypowiedział się sceptycznie co do jego potencjalnych zastosowań. Uniknął także nawiązania do

⁴⁵ Newton jako prezes Towarzystwa mógł wybrać na autora opinii o silniku Papina na przykład takich ówczesnych inżynierów i eksperymentalistów jak John Keil (1632–1721), Christopher Wren (1632–1723), czy Edward Barlow (1639–1719). Hall pisze, że Newton został poproszony o opinię przez członków Towarzystwa; zob. A. Rupert Hall, *Isaac Newton's Steamer*, dz. cyt., s. 26.

⁴⁶ Isaac Newton, *Isaac Newton's opinion of Denis Papin's proposals for making a water-raising engine*, Royal Society MSS, Register Book Original, 9, f. 110 [odczytana w *Royal Society* 17 marca 1708 r.].

⁴⁷ Kwestię parametrów działania pompy Papina podjął w swoim artykule Hall; por. A. Rupert Hall, *Isaac Newton's Steamer*, dz. cyt., s. 27.

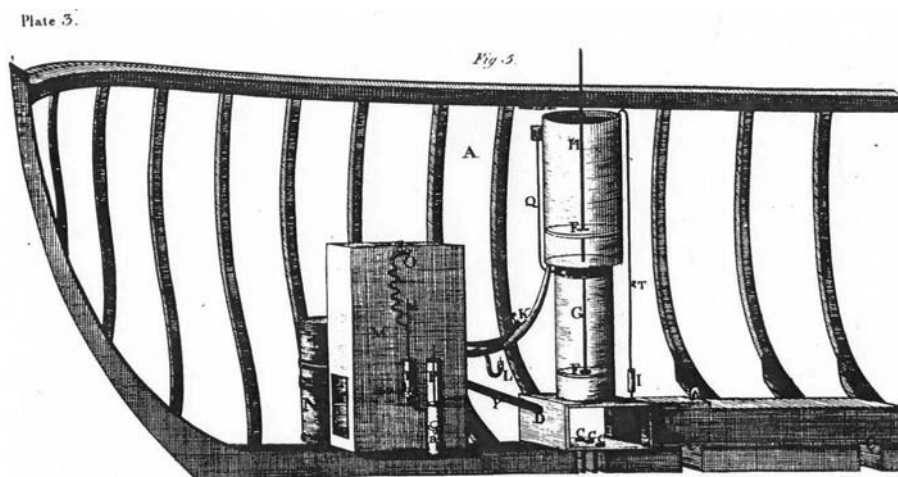
konkurencyjnego rozwiązania swojego rodaka Savery'ego⁴⁸ i niczego, jako prezes Towarzystwa, nie obiecał w kwestii ewentualnego finansowania prac francuskiego inżyniera. Z drugiej jednak strony zachęcił Papina do dalszych wysiłków nad eksperymentalnym testowaniem jego urządzenia. Przy okazji Newton okazał dobrą znajomość techniki i możliwych zastosowań mechanizmów parowych.

W opinii wydanej przez Newtona jest jeszcze jeden element, który może wzbudzić szczególne zainteresowanie. Zwrócił na niego uwagę w cytowanym artykule Hall. Angielski historyk uznał, że niezależnie od innych, wspomnianych powyżej składowych wypowiedzi autora *Zasad*, jest czymś prawdopodobnym, że sam błędnie zinterpretował zasadę działania napędu parostatku Papina. Co więcej, jednocześnie wprowadził do obiegu ideę napędu odrzutowego w formie ruchu statku pod wpływem działania przeciwległej siły wyrzutu pompowanej wody⁴⁹. Tymczasem w rozwiązaniu Papina chodziło o skierowanie wysokiego strumienia pompowanej wody na koło łopatkowe. Jak zauważył Hall, idea budowy statku napędzanego siłą wyrzutu strumienia pompowanej przez silnik parowy wody (prawdopodobnie typu Newcomena) została faktycznie zrealizowana przez amerykańskiego inżyniera Jamesa Rumseya (1743–1792) w 1787 r. na rzece Potomak w miasteczku Sheperdstown (dzisiejszy stan Wirginia Zachodnia)⁵⁰. Hall nie wyjaśnił jednak sposobu wyrzutu wody, którego użył Rumsey. Nie był to wyrzut napowietrzny z rufy statku, lecz z dolnej podwodnej części burty dzięki specjalnemu systemowi klap i otworowi umieszczonemu przed płetwą steru (Ryc. 6).

⁴⁸ Należy pamiętać, że opinia Newtona powstała w okresie intensywnych prac nad różnymi wariantami silnika parowego, które były zazwyczaj obwarowane ówczesnymi przepisami patentowymi, jak choćby konstrukcja Savery'ego z 1698 r. Z drugiej strony Newton i członkowie Towarzystwa Królewskiego mogli mieć już pewną wiedzę na temat prac Thomasa Newcomena (1663–1729) uwieńczonych pierwszym sukcesem cztery lata po oficjalnej propozycji Papina. Stąd możliwy dystans prezesa Towarzystwa wobec niej. Do tego, co jest prawdopodobne, choć z racji braku poparcia w źródłach dość spekulatywne, można dodać determinantę w postaci możliwych względów osobistych samego Newtona. Papin był ściśle związany towarzysko zarówno z Huygensem, jak i Leibnizem. Tymczasem relacje autora *Zasad* zwłaszcza z tym drugim uczonym, w perspektywie świeżego sporu między nimi o pierwszeństwo w odkryciu rachunku różniczkowego i całkowitego (*calculus*), były w rzeszonym okresie niezbyt dobre. Zob. Sean Bottomley, *The British Patent System and the Industrial Revolution 1700–1852: From Privilege to Property*, Cambridge University Press, Cambridge 2014, s. 231 i nast.; Rhys Jenkins, *The Heat Engine Idea in the Seventeenth Century*, „Transactions of the Newcomen Society” 1936, nr 1, s. 1–11; A. Smith, *A New Way...*, dz. cyt., s. 143.

⁴⁹ Chodzi o fragment opinii Newtona, który brzmi: „za pomocą odrzutu silnika (*the recoil of the engine*) i odpowiednio zastosowanej siły strumienia”. A. Rupert Hall, *Isaac Newton's Steamer*, dz. cyt., s. 27.

⁵⁰ Tamże. Por. także: Andrea Sutcliffe, *Steam: The Untold Story of America's First Great Invention*, Palgrave Macmillan, New York 2004.



Ryc. 6. Ilustracja z pracy Rumsey'a przedstawiająca zasadę wyrzutu wody przez kanał z klapami w dolnej części burty statku (po prawej u dołu)⁵¹

Powracając na koniec do Papina i jego starań w przekonaniu Towarzystwa Królewskiego do swojego pomysłu z wariantem napędu odrzutowego statku, należy tylko dodać, iż nie spotkał się on z zainteresowaniem angielskich uczonych i inżynierów. Co więcej, z powodu kolejnych opinii, zwłaszcza Savery'ego (z maja 1709 r.), który występował już wtedy nie tylko jako członek Towarzystwa, ale także członek jego Rady, projekt francuskiego wynalazcy został praktycznie odrzucony. Przez kolejne lata Papin próbował jeszcze zainteresować londyńskich uczonych innymi swoimi projektami, jednak i te nie przypadły im do gustu. Mieszkając cały ten czas w Londynie, Papin popadł w nędzę i zmarł w nieznanych dotąd okolicznościach, przypuszczalnie w 1712 r.⁵²

Próba wniosków

Na postawione w tytule tego artykułu pytanie można odpowiedzieć dwojako. Z jednej strony należy jednoznacznie stwierdzić, iż Isaac Newton nie jest w sensie ścisłym wynalazcą napędu odrzutowego, ani zgodnie z panującym w XVII i XVIII w. w Anglii zwyczajem uznawania kogoś za wynalazcę (ścieżka urzędowa), ani na podstawie dostępnych nam materiałów źródłowych (ścieżka historyczna). Przy czym mówiąc o „napędzie odrzutowym” mamy tutaj na myśli napęd w formie rozwiązania technicznego, którego głównym zadaniem jest lokomocja, wykorzystującym zjawisko odrzutu pojazdu (powstania siły ciągu)

⁵¹ James Rumsey, *Explanation of the Steam Engine, and the Method of Applying it to Propel a Boat*, Philadelphia 1788 (tabl. 3, ryc. 5).

⁵² Alan Smith, dz. cyt., s. 142.

w wyniku przeciwnie skierowanego wyrzutu gazów. Musimy zarazem pamiętać także o pozalokomocyjnym, wielowiekowym wykorzystaniu tego zjawiska w technikach raketowo-militarnych i rozrywkowych (fajerwerki)⁵³.

Odpowiedź na tytułowe pytanie może z drugiej strony dotyczyć, w sensie szerszym, również idei, które zrodziły się w umyśle Newtona, stanowiących inspirację do tworzenia określonych rozwiązań technicznych przez innych autorów. Jak się wydaje, zbliżonym tropem poszły rozważania A. Ruperta Halla w cytowanym artykule jego autorstwa. W swoich rozważaniach Hall wyszedł od modelu pojazdu na parę (*carro di Newton*), przypuszczalnie dziewiętnastowiecznego, znajdującego się w Muzeum Nauki i Techniki w Mediolanie. Zagadkowy przekaz o domniemanym pojeździe parowym Newtona (*Newton's steamer*) usiłował powiązać z zapisem książkowym eksperymentów i wykorzystanych w nich przyrządach autorstwa pierwszych popularyzatorów autora *Zasad* – Willema 'sGravesande'a i Johna Desaguliersa. Hall postawił hipotezę, zgodnie z którą w osobistych kontaktach tych autorów z Newtonem mogło dojść do transferu idei dotyczącej ruchu modelu pojazdu pod wpływem siły, wyrzucanej z dyszy, pary wodnej.

W niniejszym artykule próbowaliśmy pokazać Czytelnikowi, że przyrządy demonstracyjne 'sGravesande'a, Desaguliersa, a także Jean-Antoine'a Nolleta – tego ostatniego do dziś eksponowane w kolekcjach modeli naukowych (eolipile Nolleta), są elementem, choć niewątpliwie istotnym, ogólniejszego i niezwykle trwałego obrazu recepcji myśli oraz dokonań Newtona poczynszy od XVIII po XXI w. Ilustracje z prac Roberta Thurstona, z magazynu „Scientific American”, a nawet ze współczesnych podręczników napędu odrzutowego sytuują niezmiennie pierwociny opartej na nim lokomocji w domniemanych pracach Newtona, datowanych mylnie na lata 80. XVII w. Jak się wydaje, może to być formą kulturowego przeniesienia fikcyjnych zasług na postać i tak już sławną, pomnikową, przypominającego dobrze znany z obszaru psychosocjologii nauki tzw. efekt Mateusza. Zjawisko to można także z innej strony określić rodzajem mitu historiograficznego lub kodu kulturowego, zgodnie z którym postaciom wybitnym takim, jak Newton lub Albert Einstein z czasem przypisuje się zasługi należne i nienależne.

W ostatniej części tego artykułu został omówiony krótko wątek historyczny spotkania myśli francuskiego inżyniera Denisa Papina z myślą Newtona w perspektywie prac nad silnikiem parowym i jego możliwymi aplikacjami praktycznymi, w szczególności zastosowaniem w żegludze. W swoim przyczynku Hall

⁵³ W czasach Newtona techniki te były znane m.in. dzięki pracom Kazimierza Siemieniowicza (ok. 1600 – ok. 1651), w szczególności jego *Artis Magnae Artilleriae* z 1650 r. Oprócz rakiet i fajerwerków w XVII w. rozważano także, polegający na tej samej zasadzie (odrzutu przez gwałtowne spalanie substancji podobnych do prochu strzelniczego), ruch w atmosferze tzw. meteorów (prochowa teoria meteorów); por. Simon Werrett, *Fireworks: Pyrotechnic Arts and Sciences in European History*, University of Chicago Press, Chicago 2010, s. 59–64.

zauważył, że w oficjalnej opinii autora *Zasad*, występującego w roli prezesa londyńskiego Towarzystwa Królewskiego, mylnie interpretując zasadę funkcjonowania projektu Papina, Newton wprowadził do obiegu ideę reakcyjnego ruchu statku pod wpływem wyrzutu pompowanej wody (bez uwzględnienia, jak w projekcie francuskiego konstruktora, poruszającego statek koła łopatkowego). Jak się jednak wydaje, a o czym Hall nie wspomina, raczej mało znany dziś, nawet przez specjalistów od myśli Newtona, epizod z jego twórczą pomyłką, przypuszczalnie nie wpłynął w jakikolwiek sposób na traktowanie samotnika z Cambridge jako mitycznego wynalazcę techniki napędu odrzutowego.

Jakkolwiek pytanie o wynalazcze idee i rozwiązania techniczne wydaje się niezwykle frapujące, podane powyżej przykłady, związane zarówno z modelami naukowo-dydaktycznymi poruszonymi siłą pary wodnej, które powstały w kręgu współpracowników Newtona, jak i z projektem silnika oraz łodzi parowej Papina, świadczą dobitnie o jeszcze jednym, realnym, a nie fikcyjnym, elemencie obrazu Newtona. Chodzi o jego mniej lub bardziej wyraźne zaangażowanie w kwestie inżynierskie. Znany nam głównie jako matematyk, fizyk i filozof przyrody autor *Zasad*, okazał się człowiekiem o szerokich horyzontach poznawczych, podejmującym także tematy z zakresu techniki. Z innych okresów jego działalności można tu wspomnieć choćby o samodzielnej konstrukcji wariantu teleskopu zwierciadłowego, o mało znanym oktancie morskim jego autorstwa, czy obrotowej wersji suwaka logarytmicznego oraz *last but not least* o złożonych technicznie układach eksperymentalnych dla doświadczeń z zakresu mechaniki, optyki i alchemii/chymii. Zaangażowanie w sprawę budowy silnika parowego tylko wzmacnia wydzźwięk historiograficzny tych mało znanych i rozpoznanych dotąd (poza pracami nad teleskopem) zainteresowań Isaaca Newtona.

Bibliografia

- Bottomley Sean, *The British Patent System and the Industrial Revolution 1700–1852: From Privilege to Property*, Cambridge 2014.
- Bolter J. David, *Człowiek Turinga. Kultura Zachodu w wieku komputera*, przekład T.Goban-Klas, Warszawa 1990.
- Bud Robert, „*Applied Science*” *A Phrase in Search of a Meaning*, „*Isis*” 2012, nr 3, s. 537–545.
- Byron George G., *Don Juan*, przekład E. Porębowicz, Warszawa 1986.
- Cabanes Charles, *Denys Papin, inventeur et philosophe cosmopolite*, Paris 1935.
- Carpenter Audrey T., John Theophilus Desaguliers. *A Natural Philosopher, Engineer and Freemason in Newtonian England*, London–New York 2011.
- Channell David F., “Technological Thinking in Science”, [w:] *The Role of Technology in Science: Philosophical Perspectives*, red. S.O. Hansson, Dordrecht 2015, s. 27–53.

- Cresswell Julia, *Oxford Dictionary of Word Origins*, Oxford 2010.
- Crisman Kevin J., Arthur B. Cohn, *When Horses Walked on Water: Horse-powered Ferries in Nineteenth-century America*, Washington–London 1998.
- Davies Norman, *Europa. Rozprawa historyka z historią*, przekład E. Muskat-Tabakowska, Kraków 1998.
- De la Saussaye, Louis, *Memoire sur des expériences de navigation par la vapeur en 1707*, „Memoires à la Sorbonne” 1866, nr 4, s. 1–31.
- de la Saussaye Louis, *Andre Péan, La vie et les ouvrages de Denis Papin*, t. 1, Paris–Blois 1869.
- Desaguliers John T., *Physico-Mechanical Lectures, Or; An Account of what is Explain'd and Demonstrated in the Course of Mechanical and Experimental Philosophy*, Londyn 1717.
- Fara Patricia, *Newton: The Making Genius*, New York 2002.
- Genta Giancarlo, *Motor Vehicle Dynamics: Modeling and Simulation*, Singapore et al. 1997.
- Genta Giancarlo, A. Genta, *Road Vehicle Dynamics: Fundamentals of Modeling and Simulation*, New Jersey et al. 2017.
- Gerland, Ernst, *Das sogenannte Dampfschiff Papins*, „Zeitschrift des Vereins für Hessische Geschichte und Landeskunde“ 1880, nr 8, s. 221–227.
- Gerland, Ernst, *Nachtrag zu Leibnizens und Huygens' Briefwechsel mit Papin*, „Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften“ 1882, nr 2, s. 979–984.
- Gravesande Willem J. van 's, *Physices elementa mathematica, experimentis confirmata. Sive Introductio ad philosophiam newtonianam, apud Petrum van der Aa*, Lugduni 1720–1721.
- Gravesande Willem J. van 's, *An explanation of the Newtonian philosophy in lectures read to the youth of the University of Leyden*, [brak inf. o tłumaczu], Londyn 1735.
- Gravesande Willem J. van 's, *Mathematical Elements of Natural Philosophy Confirm'd by Experiments: Or, An Introduction to Sir Isaac Newton's Philosophy*, t. 2, przekład J.T. Desaguliers, Londyn 1747.
- Gravesande Willem J. van 's, *Physices elementa mathematica...*, t. 2, apud *Henricum Albertum Gosse & Soc.*, Genevae 1748 (wydanie 4, przejrzone i poprawione).
- Heilbron John L., *Physics at the Royal Society during Newton's Presidency*, Los Angeles 1983.
- Hall A. Rupert, „sGravesande, Willem Jacob”, [w:] *Dictionary of Scientific Biography*, t. 5, red. C.C. Gillispie, New York 1981, s. 509–511.
- Hall A. Rupert, *Isaac Newton's Steamer*, „History of Technology” 1985, nr 10, s. 17–29.
- Hall A. Rupert, *Isaac Newton. Adventurer in Thought*, Cambridge 1992.

- Jacob Margaret C., "Introduction", [w:] *Newton and Newtonianism. New Studies*, red. J.E. Force, S. Hutton, New York et al. 2004.
- Jacob Margaret C., Larry Stewart, *Newton's Science in the Service of Industry and Empire, 1687–1851*, Cambridge, MA-London 2004.
- Jenkins Rhys, *The Heat Engine Idea in the Seventeenth Century*, „Transactions of the Newcomen Society” 1936, nr 1, s. 1–11.
- Johnson Philip, *Parliament, Inventions and Patents: A Research Guide and Bibliography*, Abingdon–New York 2018.
- Laudan Larry, *Progress and its Problems. Towards a Theory of Scientific Growth*, London 1977.
- Lay Maxwell G., *Ways of the World: A History of the World's Roads and of the Vehicles That Used Them*, New Brunswick–New Jersey 1992.
- Leibniz do Sloane'a z 23 września 1707 r.; British Library: Sloane Mss 4041, f. 27.
- Leibnizens und Huygens, *Briefwechsel mit Papin*, red. E. Gerland, Sändig, Vaduz 1881.
- McConnell Alicia, "Papin, Denis (1647–1712?)", [w:] *Oxford Dictionary of National Biography*, t. 42, red. H.C.G. Matthew, B. Harrison, Oxford 2004, s. 597–599.
- Newton Isaac, *Matematyczne zasady filozofii przyrody*, przekład J. Wawrzycki, Kraków 2011.
- Newton I., *Isaac Newton's opinion of Denis Papin's proposals for making a water-raising engine*, Royal Society MSS, Register Book Original, 9, f. 110 [odczytane w Royal Society 17 marca 1708 r.].
- Nollet Jean-Antoine, *Leçons de physique expérimentale*, t. 4, , Paris 1748.
- Papin Dionysius, *Nova methodus ad vires motrices validissimas levi pretio comparandas*, „Acta Eruditorum”, Augusti 1690, s. 410–414.
- Papin Denis, *Recueil de diverses pièces touchant quelques nouvelles machines*, Cassell 1695.
- Papin Denis, *Ars nova ad aquam ignis adminiculo efficacissime elevendam*, Cassell–Francofurt 1707.
- Papin Denis, *Nouvelle manière pour lever l'eau par la force du feu*, J.G. Voguel, Cassell 1707.
- Papin Denis, *Proposals to make an 80 tun ship*, Royal Society MSS, Classified Papers, t. 18i („Papin and Hauksbee papers”), f. 66 [odczytane w Royal Society 11 lutego 1708 r.].
- Patent nr 356 z 25 lipca 1698 r., Raising water by impellent force of fire [Thomas Savery].
- Radunz Karl, *100 Jahre Dampfschiffahrt 1807–1907*, Rostock 1907.
- Ranea Alberto G., *Leibniz's Briefwechsel mit D. Papin*, „Prima Philosophia“ 4, 1993, nr 3, s. 277–290.

- Rodzeń Jacek, „Nauka a technika (technonauka)”, [w:] *Metodologia nauk, cz. 1: Czym jest nauka?*, red. S. Janeczek et al. (Seria: *Dydaktyka Filozofii*, red. S. Janeczek, t. 9), Lublin 2019, s. 655–681.
- Rowlands Peter, *Newton and the Great World System*, London–Singapore 2018.
- Rumsey James, *Explanation of the Steam Engine, and the Method of Applying it to Propel a Boat*, Philadelphia 1788.
- Savery Thomas, *The Miner's Friend; or An Engine to Rise Water by Fire*, London 1702.
- Smith Alan, *A New Way of Raising Water by Fire: Denis Papin's Treatise of 1707 and Its Reception by Contemporaries*, „History of Technology” 1998, nr 10, s. 139–182.
- Stuart Robert, *Descriptive History of the Steam Engine*, J. Chidley, London 1831.
- Sutcliffe Andrea, *Steam: The Untold Story of America's First Great Invention*, New York 2004.
- Świtek Gabriela, Boullée, Wolter, Newton. *Architektura i Newtonianizm w dobie Oświecenia*, „Roczniki Historii Sztuki” 2014, nr 39, s. 73–96.
- Thurston Robert H., *A History of the Growth of the Steam-engine*, New York 1878.
- Torlais Jean, *L'Abbé Nollet, 1700–1770, et la physique expérimentale au XVIIIe siècle*, Paris 1959.
- Turner Gerald L'E., *Nineteenth-Century Scientific Instruments*, London et al. 1983.
- Werrett Simon, *Fireworks: Pyrotechnic Arts and Sciences in European History*, Chicago 2010.
- Westfall Richard S., “Papin, Denis [Denys]”, [w:] *The Galileo Project*, Rice University 1995, <http://galileo.rice.edu/Catalog/NewFiles/papin.html> [dostęp: 23 VIII 2019].
- Życiński Józef, *Elementy filozofii nauki*, Kraków 2015.
- [brak inf. o aut.], *The Artisan Or Mechanic's Instructor...*, London 1925.
- [brak inf. o aut.], *Sir Isaac Newton's Steam Carriage*, „Scientific American” 1887, January 22, s. 55.
- [brak inf. o aut.], *Robert Henry Thurston (1839–1903)*, „Nature” 1939, nr 3651, s. 701–702.