



CENTRUM NAUKI
KOPERNIK



Poland


esero

KONSTANTY CIOŁKOWSKI – RAKIETOWY WIZJONER

Ludzie, którzy zrewolucjonizowali naukę



90 minut (2 godziny lekcyjne)



szkoła podstawowa (klasy VII–VIII)



fizyka



projekty Ciołkowskiego | budowa rakiety | silnik raketowy |
III zasada dynamiki | zjawisko odrzutu



www.esero.kopernik.org.pl



KONSTANTY CIOŁKOWSKI – RAKIETOWY WIZJONER

Ludzie, którzy zrewolucjonizowali naukę

Autor: Zbigniew Staniszewski

Opracowane dla ESERO-Polska

Poruszane wątki

- osiągnięcia Ciołkowskiego
- budowa rakiety
- silnik raketowy
- III zasada dynamiki
- zjawisko odrzutu

Rozwijane umiejętności

- postugiwanie się aplikacjami na urządzenia przenośne
- sprawność motoryczna (motoryka mała)
- obserwacja i wnioskowanie
- odkrywanie zależności między zjawiskami
- wyrażanie i uzasadnianie własnego zdania
- współpraca w grupie

Metody i formy pracy

- burza mózgów
- praca manualna (model rakiety)
- obserwacja
- praca w grupach



CZAS

90 minut
(2 godziny lekcyjne)



MIEJSCE

sala lekcyjna



NIEZBĘDNE MATERIAŁY

- arkusz ćwiczeniowy (dla każdego ucznia) – załącznik 1
- arkusz do wycinania (dla każdej grupy) – załącznik 2
- karta pomiaru (dla każdej grupy) – załącznik 3
- zdjęcia urządzeń lub mechanizmów projektowanych przez Ciołkowskiego – załącznik 4
- kody QR – załącznik 5
- 4 urządzenia przenośne (smartfony, tablety) z zainstalowanym czytnikiem kodów QR
- komputer lub tablet z dostępem do Internetu
- zestaw do budowy modelu dla każdej grupy:
 - arkusz tektury (format minimum A4)
 - arkusz grubej tektury falistej (format minimum A5)
 - rolka po ręczniku papierowym
 - balon
 - patyczek do balonów lub słomka do napojów o średnicy 6–8 mm
 - taśma klejąca dwustronna oraz zwykła
 - nożyczki
 - ołówek
 - klej do papieru
 - pistolet z klejem na gorąco
- zestaw doświadczalny dla każdej grupy:
 - sznurek (ok. 6 m)
 - kawałek plastikowej rurki o średnicy minimum 10 mm
 - taśma klejąca dwustronna
 - taśma miernicza
 - czarny i czerwony pisak
 - pompka rowerowa (najlepiej z manometrem)
- waga kuchenna

Przygotowanie zajęć

Podczas zajęć będziecie korzystać z komputera lub tabletu z dostępem do Internetu. Uczniowie będą pracować z arkuszami ćwiczeniowymi (załącznik 1).

Do przeprowadzenia ćwiczenia **Kosmiczny wizjoner** będzie Ci potrzebne dla każdej grupy urządzenie przenośne z dowolnym czytnikiem kodów QR. Upewnij się, że na każdym jest zainstalowana odpowiednia aplikacja. Sprawdź, czy działa poprawnie. Wykorzystasz także zdjęcia przedstawiające projekty Ciołkowskiego (załącznik 4) oraz kody QR (załącznik 5). Przed zajęciami wytnij kody i porozmieszczaj je w różnych miejscach sali lekcyjnej, aby uczniowie mogli je zeskanować, używając urządzeń przenośnych.

Aby przeprowadzić ćwiczenie **Robimy model rakiety**, będzie Ci potrzebny zestaw do budowy modelu oraz arkusz do wycinania (załącznik 2) dla każdej grupy.



Wskazówka

Wymiary elementów szablonu są dopasowane do typowej rolki po ręczniku papierowym o długości 226 mm i średnicy 47 mm. Jeśli dysponujesz rolkami o innych wymiarach, trzeba dopasować do nich średnicę dużych krążków, które powinny mieć ok. 2 mm mniej niż średnica rolki.

W ćwiczeniu **Rakieta, start!** uczniowie w grupach wystrzelą wykonany przez siebie model rakiety, korzystając z zestawu doświadczalnego. Będą obserwować zależność między wysokością, na jaką wzniosła się rakieta, a stopniem nadmuchania balonu i ewentualnie masą rakiety. Do tego celu może się im przydać waga kuchenna. Wyniki pomiaru zanotują na karcie pomiaru (załącznik 3).



20 min

Kosmiczny wizjoner



Zacznij zajęcia od burzy mózgów: zapytaj uczniów, co im się kojarzy ze słowem „rakieta”. Wypisz na tablicy ich skojarzenia. Napisz na tablicy: „Konstanty Ciołkowski (1857–1935)”. Spytaj, czy coś im mówi to nazwisko. Wyjaśnij, że choć mało kto o tym wie, to właśnie Konstantego Ciołkowskiego uważa się za ojca silników rakietowych oraz raket kosmicznych. Jego idee i projekty opisują podstawy działania tych urządzeń, mimo że same maszyny zostały skonstruowane wiele lat później.



Wskazówka

Jeżeli któryś z uczniów poda nazwisko Ciołkowskiego lub będzie potrafił powiedzieć o nim parę słów, poproś, by podzielił się swoją wiedzą z resztą klasy.

Podziel uczniów na cztery grupy. Niech grupy wybiorą sobie liderów. Przydziel każdej grupie temat i kolor. Wyjaśnij, że ich zadaniem jest odszukanie w sali lekcyjnej kodów QR w przypisanym im kolorze, zeskanowanie ich za pomocą aplikacji zainstalowanej na ich urządzeniach przenośnych oraz przeczytanie tekstów. Poproś, by starali się zapamiętać jak najwięcej informacji.

Treść zaszyfrowanych informacji:

Grupa I: Podróże kosmiczne (kolor czerwony)

Konstanty Ciołkowski już jako nastolatek rozważał możliwość podróży kosmicznych. Uważał, że ludzie z czasem podbiją i skolonizują kosmos i dzięki temu

gatunek ludzki się udoskonali. Swoje idee zawarł później w powieściach fantastycznonaukowych: „Na Księżycu” i „Poza Ziemią”.

Obliczył prędkość konieczną do opuszczenia pola grawitacyjnego Ziemi (dziś znaną jako druga prędkość kosmiczna lub prędkość ucieczki).

Zaprojektował wiele konstrukcji i urządzeń, które miały umożliwić podbój kosmosu: statki kosmiczne, stacje orbitalne, a także szklarnie i inne systemy zaopatrujące kolonie kosmiczne w tlen i żywność.

Z myślą o spacerach kosmicznych opracował projekt śluzy powietrznej – pomieszczenia umożliwiającego ludziom bezpieczne przemieszczanie się między obszarami o różnym ciśnieniu.

Grupa II: Rakiety (kolor niebieski)

Konstanty Ciołkowski jest uważany za ojca astronautyki. Opracował model teorii ruchu rakiety i opisał jej budowę.

Stworzył także projekt silnika raketowego na paliwo ciekłe i zaproponował wiele raketowych mieszanek paliwowych.

Opisał zależność między prędkością rakiety a jej masą (zmieniającą się w trakcie lotu wskutek utraty paliwa) i prędkością gazów wylotowych. To równanie, znane jako wzór Ciołkowskiego, jest podstawowym wzorem w technice raketowej.

Jedną z pierwszych rakiet na paliwo ciekłe opartych na teoriach i projektach Ciołkowskiego była rakiet V-2 – pocisk wykorzystywany w II wojnie światowej. Była to pierwsza rakiet, która weszła w przestrzeń kosmiczną.

Grupa III: Inne projekty Ciołkowskiego (kolor zielony)

Konstanty Ciołkowski opracował projekt metalowego sterowca – statku powietrznego napędnionego gazem lżejszym od powietrza i wyposażonego we własny napęd.

Przedstawił projekt windy kosmicznej – urządzenia, które wynosiłoby obiekty z powierzchni ciała niebieskiego (np. Ziemi) w przestrzeń kosmiczną. Naukowcy wciąż pracują nad tego typu konstrukcją.

Zbudował tunel aerodynamiczny służący do badania ruchu powietrza wokół obiektu. Przeprowadził w nim wiele badań.

Stworzył także projekt poduszkowca – pojazdu poruszającego się na poduszce powietrznej nad powierzchnią ziemi lub wody.

Grupa IV: Ciekawostki (kolor czarny)

Konstanty Ciołkowski – rosyjski badacz i wynalazca polskiego pochodzenia – był właściwie samoukiem. Z powodu wady słuchu nie ukończył nawet szkoły podstawowej.

Swoje pierwsze prace na temat teorii ruchu i budowy rakiet opublikował jeszcze przed pierwszym w historii lotem samolotu.

Chociaż Ciołkowski zaprojektował wiele rakiet, sam nigdy nie zbudował rakiety według swojej konstrukcji.

Dla upamiętnienia dokonań Ciołkowskiego jego nazwiskiem nazwano jeden z kraterów na Księżycu oraz planetoidę.

Gdy uczniowie wykonają zadanie, grupy przedstawią reszcie klasy, czego się dowiedziały. Mogą to zrobić liderzy grup lub osoby przez nich wyznaczone. W trakcie prezentacji pokaż uczniom zdjęcia projektów autorstwa Ciołkowskiego (załącznik 4) oraz zdjęcie krateru na Księżycu nazwanego na cześć badacza, korzystając z linku zamieszczonego na końcu scenariusza.



Ciekawostka

Z prac, teorii i wzorów Ciołkowskiego korzystali inżynierowie z całego świata: radzieccy (Siergiej Korolow), niemieccy (Wernher von Braun) i amerykańscy (Robert Goddard). Zapoczątkowało to rozwój techniki raketowej, w który zaangażowały się największe światowe mocarstwa. Z czasem rywalizacja nasiliła się i przekształciła w wyścig kosmiczny zakończony lądowaniem człowieka na Księżycu. Dziś ten dział astronautyki rozwija się równie dynamicznie, choć raczej w duchu pokojowej współpracy, której przykładem są misje Europejskiej Agencji Kosmicznej. W badania włączyły się także firmy prywatne, np. SpaceX Elona Muska, prowadząca próby konstruowania rakiet „z odzysku” w celu obniżenia kosztów wynoszenia ładunków na orbitę.

Rozdaj uczniom **arkusze ćwiczeniowe** (załącznik 1) i poproś, by wykonali zadanie 1.



Rakieta, czyli co?



Zapytaj uczniów, czy wiedzą, czym jest rakieta i czy potrafiliby stworzyć jej definicję. Spróbujcie sformułować ją wspólnie.

Przykładowa definicja:

Rakieta to pojazd lub pocisk napędzany silnikiem raketowym i poruszający się na zasadzie odrzutu.

Omówcie poszczególne elementy definicji, skupiając się na silniku oraz zjawisku odrzutu jako konsekwencji III zasady dynamiki. Jeśli trzeba, przypomnij uczniom tę zasadę.

- **Silnik raketowy** – rodzaj silnika odrzutowego (czyli działającego na zasadzie zjawiska odrzutu), który nie pobiera żadnych substancji z otoczenia, a więc może pracować w warunkach próżni kosmicznej. Potrzebne do reakcji spalania paliwo oraz utleniacz znajdują się w zbiorniku, a samo spalanie dokonuje się w komorze silnika.
- **Zjawisko odrzutu** dotyczy układu dwóch ciał i polega na uzyskaniu prędkości przez jedno z nich wskutek wyrzucania przez drugie pewnej masy. Podczas wyrzucania powstaje siła, zwana siłą odrzutu, która powoduje ruch lub przyspieszenie pierwszego ciała. Zjawisko to wynika z III zasady dynamiki. W silnikach odrzutowych siłę odrzutu wywołują produkty spalania wyrzucane na zewnątrz, co powoduje przyspieszenie pojazdu (np. rakiety).
- **III zasada dynamiki** to tzw. zasada akcji i reakcji. Mówi o wzajemnym oddziaływaniu dwóch ciał: jeżeli jedno ciało działa na drugie pewną siłą (akcja), to drugie działa na pierwsze siłą o tym samym kierunku i wartości, ale przeciwnym zwrocie (reakcja). Na tej zasadzie opiera się m.in. gra w bilard.



Ciekawostka

Zjawisko odrzutu występuje także w naturze. Niektóre zwierzęta wodne, np. ośmiornice, wykorzystują ten mechanizm do poruszania się. Dzięki szybkim skurczom ciała wyrzucają wodę do tyłu, co umożliwia im ruch w przeciwnym kierunku, czyli naprzód.

Możesz zaprezentować uczniom schemat i zasadę działania silnika raketowego, korzystając z linków zamieszczonych na końcu scenariusza.

Wyjaśnij uczniom, że wyróżniamy różne rodzaje raket w zależności od ich budowy oraz funkcji. Rakety bojowe to właściwie pociski raketowe. Rakety nośne wynoszą ładunki (np. satelity lub promy kosmiczne) w przestrzeń kosmiczną, a rakety badawcze są wykorzystywane do obserwacji i badań naukowych.

Rakety mogą być napędzane paliwem stałym, np. prochem (przykładem takich raket są sztuczne ognie) lub paliwem ciekłym, zwykle ciekłym wodorem lub naftą.

Najprostsze rakety są jednostopniowe i jednosilnikowe, ale są też rakety wielostopniowe i wielosilnikowe, w których każdy stopień (segment) zawiera własny silnik i zapas paliwa. Po zużyciu paliwa człony rakety są kolejno odrzucane, dzięki czemu staje się ona lżejsza. Tak zbudowane są rakety nośne.

Porozmawiajcie o budowie rakety. Poproś uczniów, by przyjrzeni się rysunkowi zamieszczonemu w zadaniu 2 [arkusza ćwiczeniowego](#). Przeanalizujcie główne elementy konstrukcji rakety oraz ich funkcję.



25
min

Robimy model rakety

Zapowiedz uczniom, że zaraz spróbują sami wykonać prosty model rakety. Rozdaj każdej grupie materiały do budowy modelu oraz [arkusze do wycinania](#) (załącznik 2). Poproś, by postępowali według instrukcji zamieszczonej w zadaniu 3 [arkusza ćwiczeniowego](#). Jeżeli rolki po ręcznikach papierowych, którymi dysponujesz, mają inny wymiar niż założony, pomóż uczniom zmodyfikować te elementy szablonu, które tego wymagają. Dopilnuj, by dobrze skleili elementy, zwłaszcza głowicę i stateczniki, a w razie potrzeby okleili je dodatkowo taśmą klejącą. Zabezpieczy to je przed rozklejeniem się w trakcie lotu. Zachęć uczniów do wykonania różnej liczby stateczników i krążków wzmacniających oraz sprawdzenia, jak wpływa to na masę i wytrzymałość rakety.



20
min

Raketa, start!



Uczniowie będą w grupach testować swoje rakety według instrukcji opisanej w zadaniu 4 [arkusza ćwiczeniowego](#). Rozdaj grupom [karty pomiaru](#), na których będą notować wyniki. Pomóż im przywiązać sznurki do lampy pod sufitem lub

dowolnego wysoko położonego miejsca. Upewnij się, że w polu lotu rakiet nie znajdują się żadne przedmioty, o które mogłyby zaczepić. Przed wykonaniem ćwiczenia niech grupy zważą swoje rakiety i wpiszą ich masę na **karcie pomiaru**.



Wskazówka

Chociaż modele rakiet są wykonane z tych samych elementów, mogą się różnić masą (mogą mieć różną liczbę krążków wzmacniających i stateczników). Zważenie rakiet pozwoli na ustalenie zależności między masą rakiety a osiągniętą przez nią wysokością.

Wyjaśnij uczniom, że najpierw przeprowadzicie obserwację, a następnie pomiar kontrolny. Podczas obserwacji zadaniem uczniów jest zwracanie uwagi na zachowanie rakiety: jej lot, wysokość i prędkość. Przypomnij, by w momencie puszczenia rakiety podstawili dłoń pod wylot dyszy. Podczas pomiaru kontrolnego będziecie sprawdzać zależność między stopniem napompowania balonu a wysokością rakiety. Ustalcie liczbę pompnięć dla każdego z pięciu pomiarów, by wynik był miarodajny.



Wskazówka

Jeśli dysponujesz pompkami z manometrem, możesz poprosić uczniów, by przy każdym pompowaniu balonu notowali także wartość ciśnienia. Omówcie wpływ wartości ciśnienia na siłę odrzutu i odległość pokonaną przez raketę.

Następnie niech uczniowie uzupełnią resztę zadania 4. Gdy uczniowie skończą, omówcie ich obserwacje i wyniki. Porównajcie wyniki poszczególnych grup. Zapytaj uczniów: *Czy dostrzeżliście zjawisko odrzutu? Jak ono wyglądało? Co czuliście, gdy podstawiliście dłoń pod dyszę?*

Wyjaśnij, że siła, z jaką strumień powietrza jest wyrzucany przez dyszę, to właśnie siła odrzutu, którą mogli poczuć na dłoni. Siła ta zależy od stopnia napompowania balonu i wpływa na prędkość rakiety oraz na osiąganą przez nią wysokość.



Jak to działa?



Wyjaśnij uczniom, że wykonany przez nich model rakiety także porusza się dzięki sile odrzutu, podobnie jak prawdziwe rakiety. Oczywiście jest to siła o wiele słabsza i powstaje w inny sposób, ale mechanizm jej działania w obu przypadkach jest taki sam. Poproś uczniów, by przyjrzeni się rysunkom w zadaniu 5 **arkusza ćwiczeniowego**.

Obie rakiety poruszają się dzięki wyrzucanym przez dyszę gazom: w prawdziwej rakiecie są to gazy spalinowe, a w modelu powietrze uciekające z balonu. Im większa prędkość wyrzucanych gazów, tym szybciej i wyżej leci rakietka. Prędkość związana jest z siłą wyrzutu i wynika z ciśnienia, jakie tworzy się w zbiorniku przed dyszą. W prawdziwej rakiecie ciśnienie powstaje w efekcie spalania paliwa w komorze spalania, a w modelu rakiety w wyniku nadmuchiwanie balonu (sprężania powietrza).

Wtłaczanie sprężonego gazu w wąską dyszę powoduje gwałtowny wzrost jego prędkości. Prędkość wylatujących gazów napędza raketę zgodnie z III zasadą dynamiki. Prędkości te są więc sobie równe pod względem wartości, mają te same kierunki, ale przeciwne zwroty.



Zadanie dodatkowe

Zachęć uczniów, by w domu spróbowali przeprowadzić podobne ćwiczenie z innymi przedmiotami o różnych masach. Niech przymocują balon z dyszą np. do piłki tenisowej, piłeczki pingpongowej, miniaturowego samochodziku lub tekturowego pudełka i obserwują ich zachowanie po otwarciu wylotu dyszy. Na kolejnych zajęciach porozmawiajcie o tym, czy to doświadczenie potwierdziło wnioski, do jakich doszli w trakcie lekcji.



Podsumowanie

Zapytaj uczniów, czy według nich odkrycie naukowe to zasługa tylko człowieka, który go dokonał, czy też kryje się za tym ktoś jeszcze. Spróbuj unaocznić uczniom, że opracowanie teorii naukowej czy skonstruowanie wynalazku niemal zawsze bazuje na osiągnięciach innych ludzi. Bez badań Galileusza na temat grawitacji, bez Newtonowskich zasad dynamiki, bez teorii lotu rakiety i wzoru Ciotkowskiego nie postawilibyśmy do dziś stopy na Księżycu, a już na pewno nie mogłoby mieć miejsca to, co Ciotkowski przewidział ponad sto lat temu, pisząc:

Ludzie są teraz słabi, a mimo to przekształcają powierzchnię Ziemi. W ciągu milionów lat ich możliwości wzrosną w takim stopniu, że zmienią powierzchnię Ziemi, jej oceany, atmosferę i samych siebie. Będą kontrolowali klimat i Układ Słoneczny, tak jak kontrolują Ziemię. Będą podróżowali poza granicę naszego systemu planetarnego; dotrą do innych słońc i będą używać ich świeżej energii zamiast energii swojej umierającej gwiazdy.

Podkreśl, że wprowadzie konstruktor miał częściowo rację, bo rzeczywiście wpływamy na powierzchnię Ziemi i klimat, ale w przeciwieństwie do jego idealistycznej wizji wcale nie robimy tego w sposób korzystny dla naszej planety. Wręcz przeciwnie – nadmiernie eksploatujemy jej zasoby naturalne i powodujemy katastrofalne w skutkach zmiany klimatyczne. Tymczasem rozwój technologii powinien wspierać i ochraniać Ziemię, a nie ją zanieczyszczać i niszczyć.

Jako podsumowanie możesz zaprezentować uczniom film o historii rakiet, korzystając z linku zamieszczonego na końcu scenariusza.

Wykaz przydatnych linków:

- zdjęcie krateru Ciołkowskiego:
https://pl.wikipedia.org/wiki/Krater_Cio%C5%82kowskiego#/media/Plik:Tsiolkovskiy_crater_Apollo_15.jpg
- schemat silnika raketowego na paliwo ciekłe:
https://pl.wikipedia.org/wiki/Silnik_raketowy#/media/Plik:Bipropellant_Lrockth.svg
- uproszczona animacja pokazująca zasadę działania silnika raketowego według opisu Ciołkowskiego:
https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Konstantin_Tsiolkovsky#/media/File:Exp%C3%A9rience_de_Tsiolkovsky.gif
- animacja pokazująca zasadę działania silnika raketowego:
<https://www.youtube.com/watch?v=MUXP3PCDRTE>
- film prezentujący historię lotów raketowych (w języku angielskim):
<https://www.youtube.com/watch?v=bKxTktf8u30>

Odniesienie do podstawy programowej

FIZYKA

Cele kształcenia – wymagania ogólne

III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników.

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:

- 3) rozróżnia pojęcia: obserwacja, pomiar, doświadczenie; przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia, korzystając z ich opisów;
- 4) opisuje przebieg doświadczenia lub pokazu; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów;
- 9) przestrzega zasad bezpieczeństwa podczas wykonywania obserwacji, pomiarów i doświadczeń.

II. Ruch i siły. Uczeń:

- 10) stosuje pojęcie siły jako działania skierowanego (wektor); wskazuje wartość, kierunek i zwrot wektora siły; postępuje się jednostką siły;
- 11) rozpoznaje i nazywa siły, podaje ich przykłady w różnych sytuacjach praktycznych (siły: ciężkości, nacisku, sprężystości, oporów ruchu);
- 13) opisuje wzajemne oddziaływanie ciał postępując się trzecią zasadą dynamiki;
- 18) doświadcza: a) ilustruje: I zasadę dynamiki, II zasadę dynamiki, III zasadę dynamiki.

Źródło: Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 14 lutego 2017 r. w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego oraz podstawy programowej kształcenia ogólnego dla szkoły podstawowej, w tym dla uczniów z niepełnosprawnością intelektualną w stopniu umiarkowanym lub znacznym, kształcenia ogólnego dla branżowej szkoły I stopnia, kształcenia ogólnego dla szkoły specjalnej przysposabiającej do pracy oraz kształcenia ogólnego dla szkoły policealnej (Dz. U. z 2017 r., poz. 356).



1 Kosmiczny wizjoner

Konstanty Ciołkowski wyprzedzał swoje czasy zarówno swoim myśleniem o kosmosie, jak i swoimi projektami urządzeń. Który z projektów jego autorstwa uważasz za najważniejszy dla nauki i dlaczego?

TUTAJ wpisz swoją odpowiedź i ją uzasadnij

2 Rakieta, czyli co?

Konstanty Ciołkowski obliczył, że rakieta jednostopniowa nie będzie w stanie wydostać się w przestrzeń kosmiczną, a nawet dotrzeć do orbity ziemskiej, ponieważ jest na to zbyt ciężka. Z tego względu rakiety kosmiczne są wielostopniowe. Uważał też, że taka wielostopniowa rakieta będzie w stanie dotrzeć do Księżyca. Udało się tego dokonać trzystopniowej rakiecie Saturn V ze statkiem Apollo 11, której projekt nadzorował Wernher von Braun. Po zużyciu paliwa stopnie odłączały się kolejno od rakiety i spadały do oceanu.

Przyjrzyj się budowie rakiety Saturn V przedstawionej na następnej stronie i odpowiedz na pytania.

A. Jakie elementy zawiera każdy stopień? Wypisz je.

1. _____

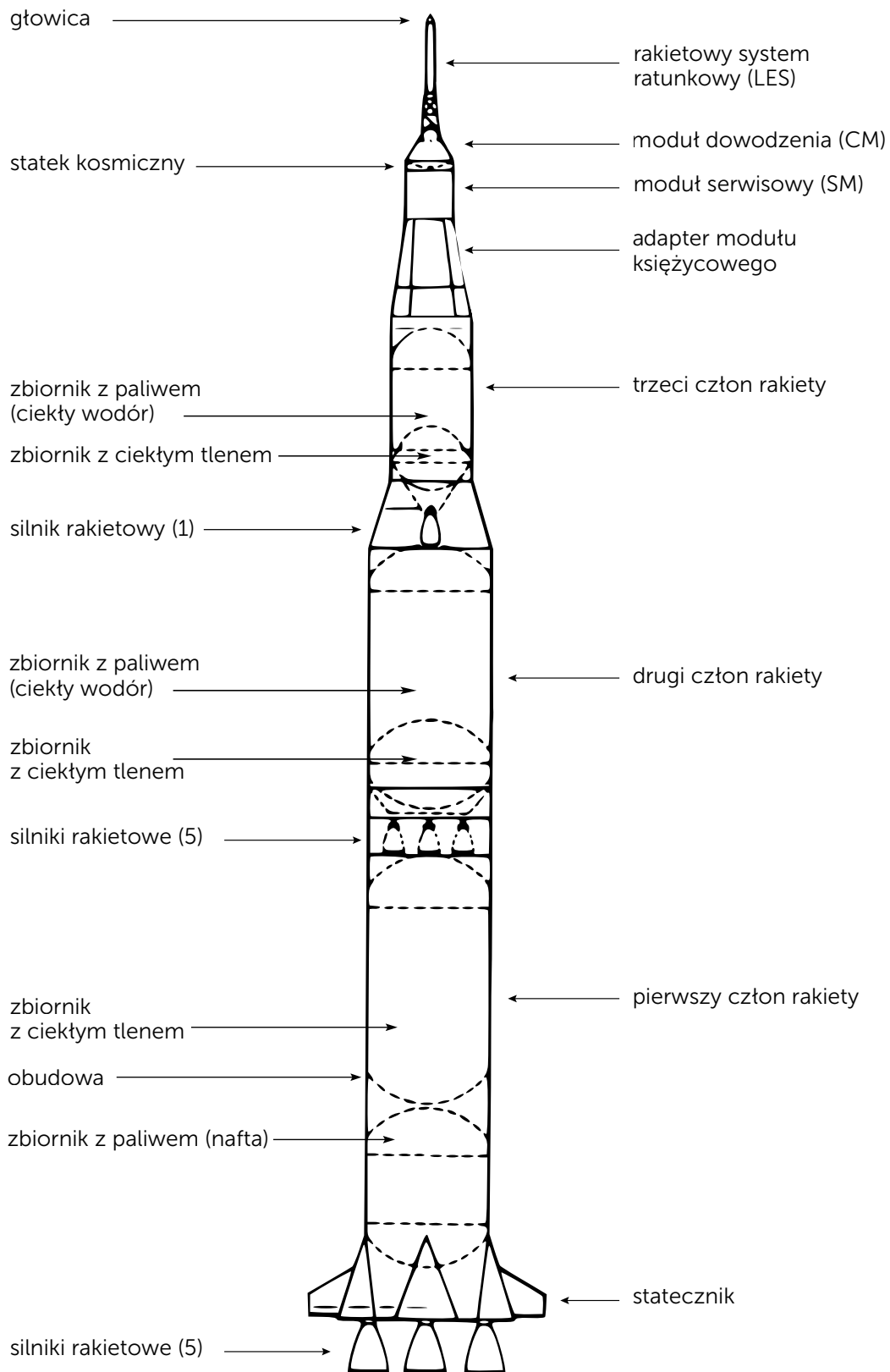
2. _____

3. _____

B. Jakim rodzajem paliwa jest napędzany Saturn V?

Załącznik 1

Arkusz ćwiczeniowy



Saturn V

Źródło: https://pl.wikipedia.org/wiki/Modu%C5%82_Dowodzenia/Serwisowy_CSM#/media/Plik:Saturn_&_SLA.svg



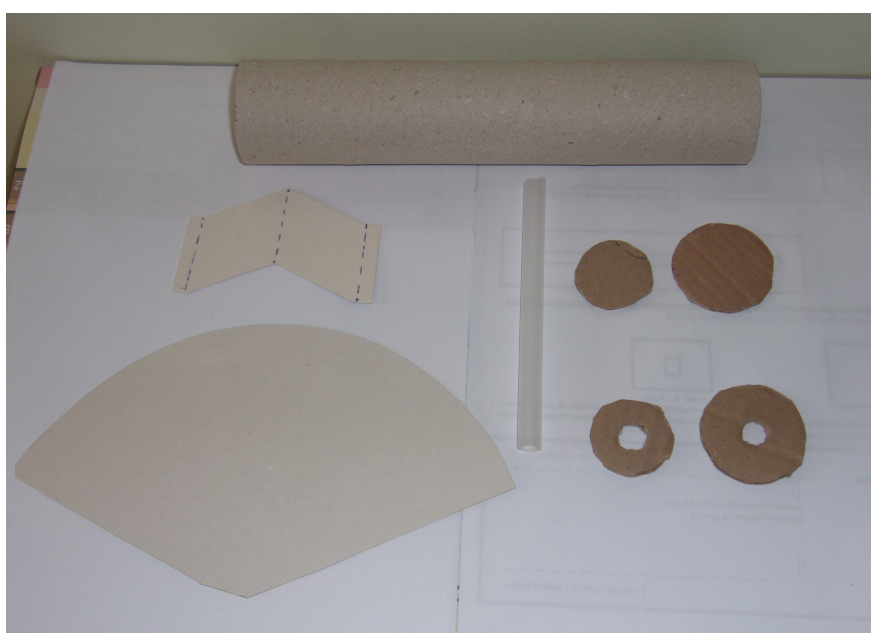
3 Robimy model rakiety

Materiały i narzędzia

- **arkusz do wycinania** (załącznik 2)
- arkusz tektury (format minimum A4)
- arkusz grubej tektury falistej (format minimum A5)
- rolka po ręczniku papierowym
- balon
- patyczek do balonów lub słomka do napojów o średnicy 6–8 mm
- taśma klejąca dwustronna oraz zwykła
- nożyczki
- ołówek
- klej do papieru
- pistolet z klejem na gorąco

Wykonanie

1. Wytnijcie wszystkie szablony (A–F) z **arkusza do wycinania**.
2. Części A–D odrysujcie ołówkiem na grubej tekturze falistej (elementy C i D można odrysować dwa razy). Części E–F odrysujcie na zwykłej tekturze (element F trzy lub cztery razy). Następnie wytnijcie tekturowe elementy.



Załącznik 1

Arkusze ćwiczeniowy

3. Zwińcie głowicę (E) w stożek. Dopasujcie podstawę stożka do krawędzi rolki. Sklejcie stożek w takim ułożeniu na zakładkę, smarując go klejem biurowym wzdłuż brzegu. Odstawcie do wyschnięcia.
4. Zagnijcie stateczniki (F) wzdłuż przerywanych linii i złóżcie je na pół wzdłuż środkowej linii. Sklejcie ze sobą klejem do papieru części ukośne (płaty), bez bocznych skrzydełek. Rozegnijcie skrzydełka i odłóżcie stateczniki do wyschnięcia.
5. Sprawdźcie, czy duże krążki pasują do średnicy rolki (powinny się mieścić w środku).
6. Naklejcie klejem na gorąco pośrodku dużego pełnego krążka (A) jeden pełny krążek mały (C). Jeśli uważacie, że wzmocnienie jest za słabe, możecie dokleić jeszcze jeden mały krążek.
7. Postąpcie tak samo z krążkami z otworem (B i C), pilnując, by otwory w krążkach się pokrywały.
8. Na głębokości ok. 1 cm od krawędzi rolki zróbcie wewnątrz niej pierścien z kleju na gorąco i wsuńcie tam sklejone pełne krążki. Uszczelnijcie spoiny klejem na gorąco.
9. W taki sam sposób wklejcie do rolki od drugiej strony krążki z otworem.
10. Nałóżcie głowicę na koniec rolki od strony pełnych krążków i sklejcie głowicę z rolką klejem na gorąco. Dodatkowo możecie okleić miejsce złączenia z zewnątrz taśmą klejącą.
11. W dolnej części drugiego końca rolki (od strony krążków z otworem) w równych odstępach przyklejcie trzy lub cztery stateczniki – posmarujcie klejem do papieru rozgięte skrzydełka każdego statecznika i przyklejcie je do rolki w taki sposób, by ich płaty były skierowane w dół. Właśnie wykonaliście obudowę rakiety.
12. Odetnijcie z patyka do balonów lub słomki kawałek o długości 5 cm. Połowę tego kawałka oklejcie dokładnie taśmą dwustronnie klejącą. Wsuńcie tę część w otwór balonu i szczelnie przyklejcie. To będzie dysza balonu. Z zewnątrz możecie dodatkowo okleić dyszę taśmą klejącą. Tak przygotowany balon wsuńcie od spodu do wnętrza rakiety przez otwór w krążkach.





4 Rakieta, start!

A. Przetestujcie swoją raketę.

Materiały i narzędzia

- **karta pomiaru** (załącznik 3)
- model rakiety
- sznurek (ok. 6 m)
- kawałek plastikowej rurki o średnicy minimum 10 mm
- taśma klejąca dwustronna
- taśma miernicza
- czarny i czerwony pisak
- pompka do roweru

Wykonanie

1. Przywiążcie sznurek do sufitu, lampy, krawędzi tablicy lub innego wysokiego punktu w klasie.
2. Zaczynając od podłogi, odmierzcie taśmą mierniczą odcinki co 50 cm i co 10 cm: większe odcinki zaznaczcie na sznurku czerwonym pisakiem, a mniejsze czarnym. To będzie wasza podziątka.
3. W odległości 5 cm od podstawy rakiety przyklejcie klejem na gorąco pionowo wzdłuż jej boku kawałek plastikowej rurki.
4. Zważcie raketę na wadze kuchennej i wpiszcie jej masę na **karcie pomiaru**.
5. Przeciągnijcie przez rurkę od góry wolny koniec sznurka. To będzie prowadnica waszej rakiety.
6. Trzymając raketę, napompujcie mocno balon przez dyszę przy użyciu pompki do roweru.
7. Zdejmijcie dyszę z zaworu pompki i puśćcie raketę, podstawiając dłoń pod dyszę.
8. Obserwujcie, jak zachowuje się rakieta i jaką osiągnie wysokość.
9. Pompujcie balon raz mocniej, raz słabiej i obserwujcie, jaki wpływ ma stopień napętnienia balonu powietrzem na wysokość lotu rakiety.
10. Przeprowadźcie pomiar kontrolny. Wykonajcie pięć pomiarów wysokości, na jaką wzniosła się rakieta przy różnym stopniu napompowania balonu (ustalcie wcześniej z nauczycielem liczbę pompnięć dla każdego pomiaru). Wyniki zanotujcie na **karcie pomiaru**.

Załącznik 1

Arkusze ćwiczeniowy



B. Odpowiedz na pytania.

Jak stopień napompowania rakiety wpływa na osiąganą przez nią wysokość?

TUTAJ wpisz odpowiedź



Czy prędkość rakiety zależy od stopnia napompowania balonu? W jaki sposób?

TUTAJ wpisz odpowiedź

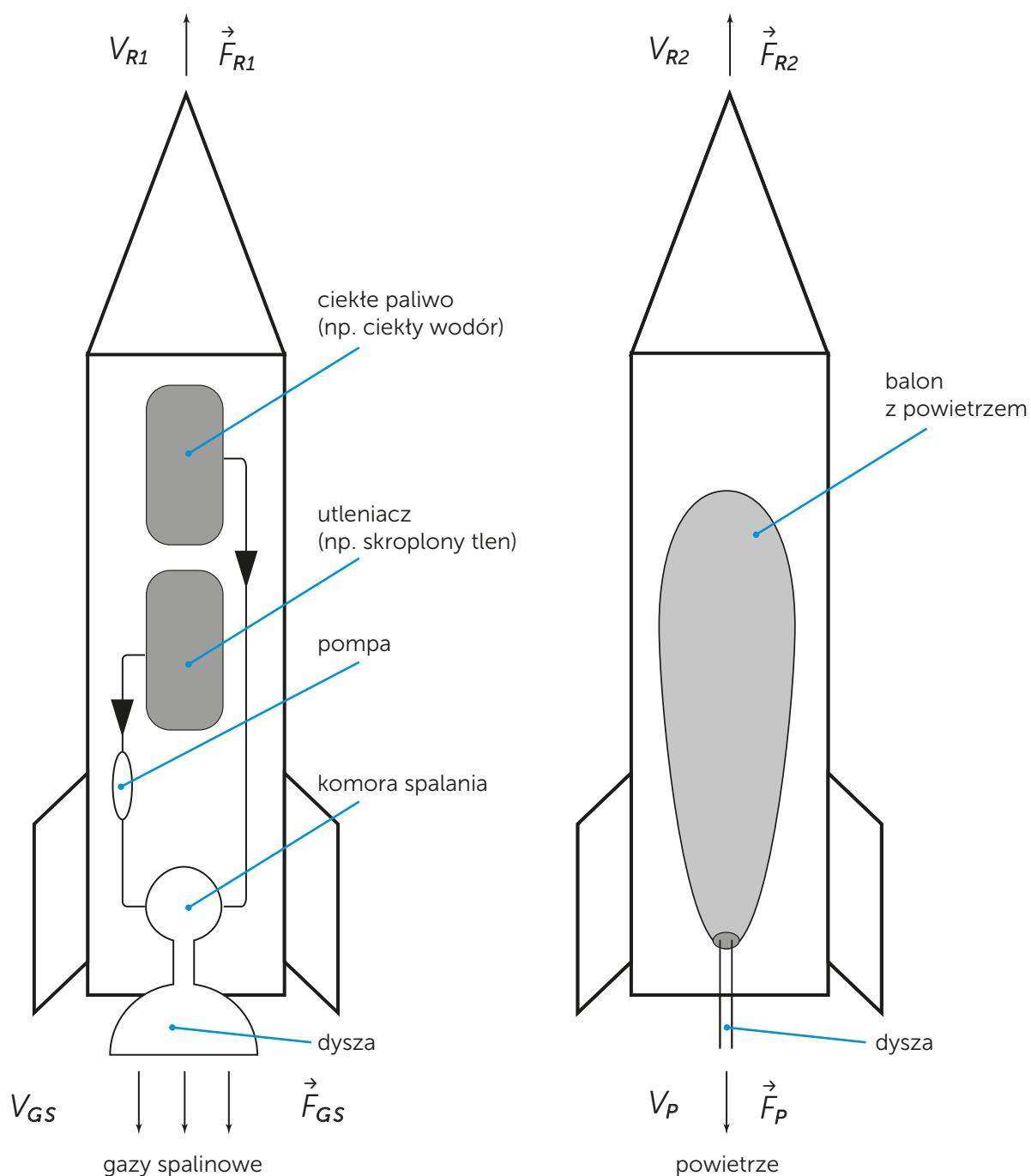


5 Jak to działa?

A. Przyjrzyj się zamieszczonym na następnej stronie rysunkom ilustrującym mechanizm ruchu rakiety na paliwo ciekłe oraz waszej rakiety napędzanej balonem.

Załącznik 1

Arkusze ćwiczeniowy



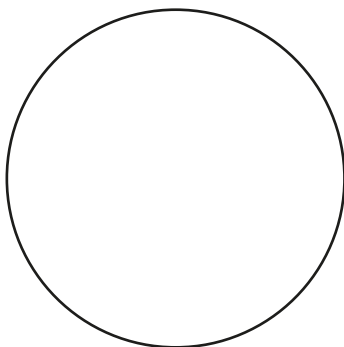
- V_{GS} – prędkość gazów spalinowych
- \vec{F}_{GS} – siła wyrzutu gazów spalinowych z dyszy
- V_P – prędkość powietrza
- \vec{F}_P – siła wyrzutu powietrza z dyszy
- V_R – prędkość rakiety
- \vec{F}_R – siła napędzająca raketę

Załącznik 2

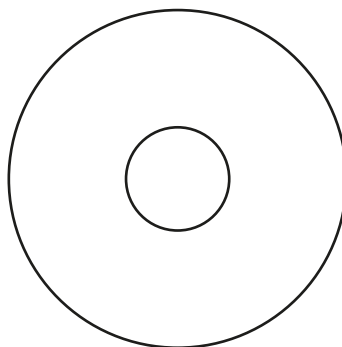
Arkusz do wycinania



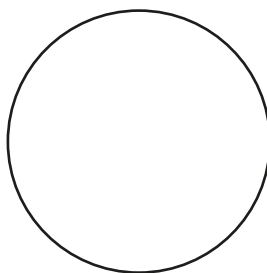
A. Krążek duży pusty



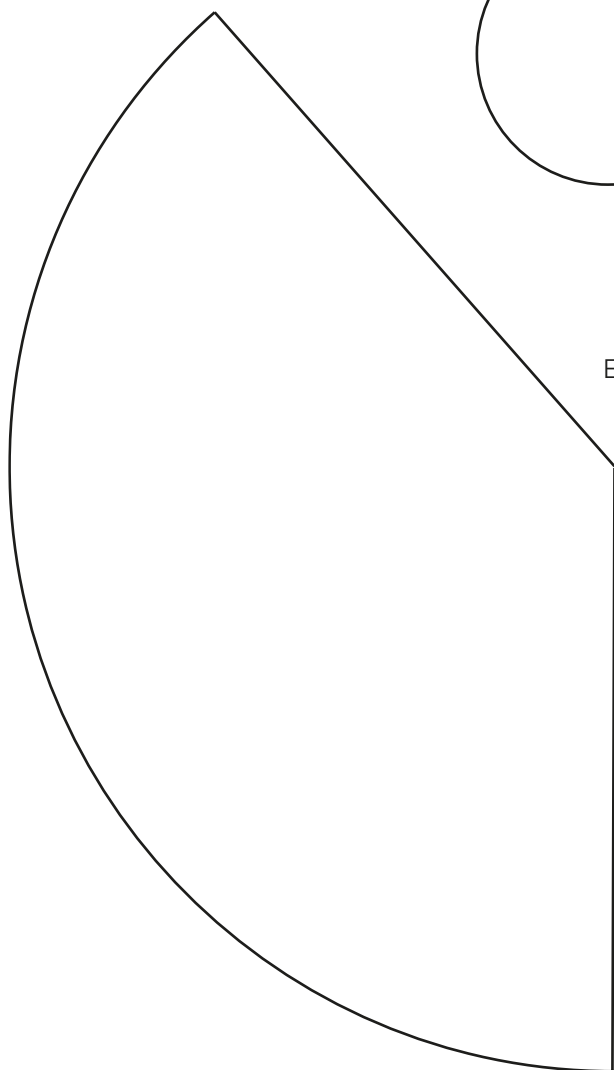
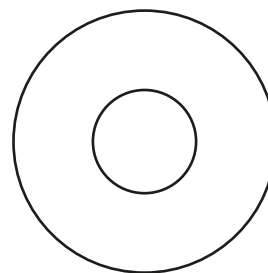
B. Krążek duży z otworem



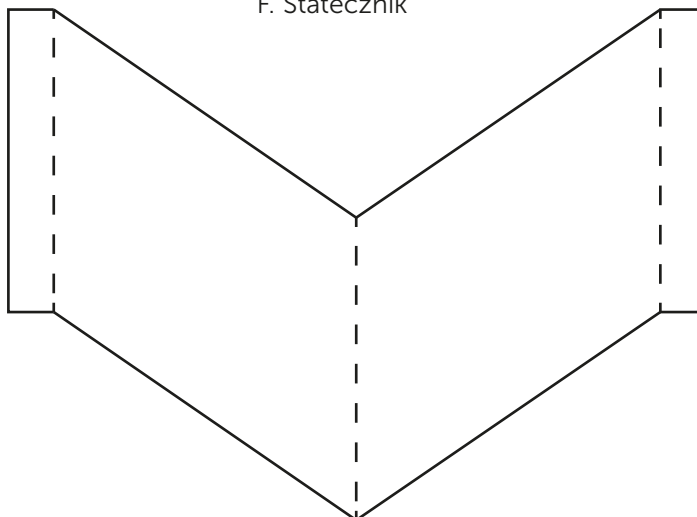
C. Krążek mały pusty



D. Krążek mały z otworem



E. Głowica



F. Statecznik

Załącznik 3

Karta pomiaru



Pomiar ruchu rakiety

Członkowie grupy:

Masa rakiety: _____



TUTAJ wpiszcie imiona
i nazwiska członków grupy

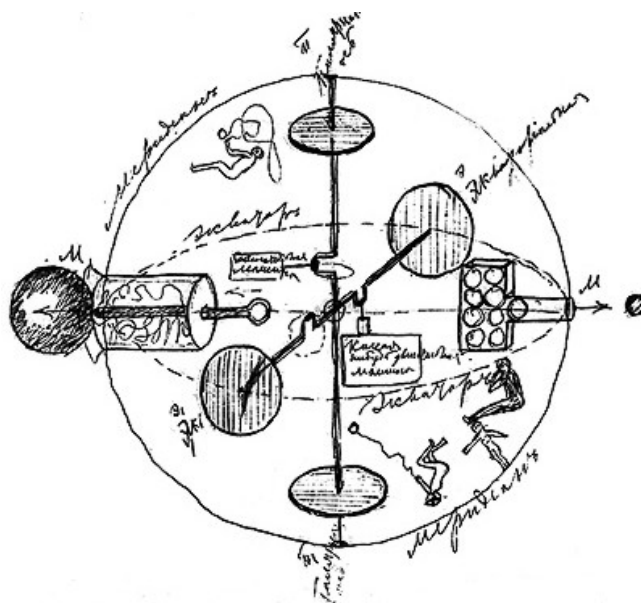
	Stopień napompowania balonu (liczba pompnięć)	Wysokość osiągnięta przez raketę
Pomiar 1		
Pomiar 2		
Pomiar 3		
Pomiar 4		
Pomiar 5		

TUTAJ wpiszcie liczbę pompnięć
ustaloną z nauczycielem
dla każdego pomiaru



Załącznik 4

Projekty Konstantego Ciolkowskiego



Szkic statku kosmicznego

Źródło: https://en.wikipedia.org/wiki/Konstantin_Tsiolkovsky#/media/File:Chertrg_Tsiolkovsky.jpg

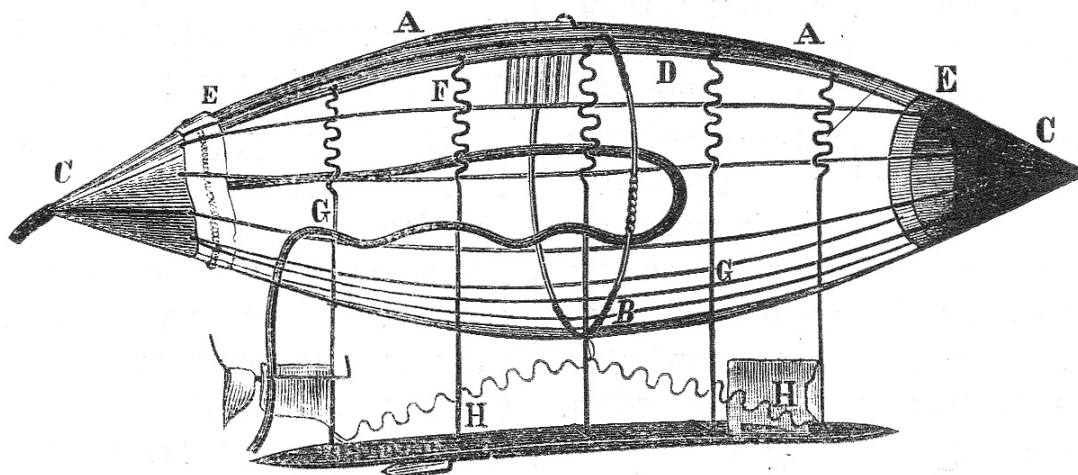


Model statku wykonany według projektu Ciolkowskiego

Źródło: [https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Konstantin_Tsiolkovsky#/media/File:FP2A3205_\(23497691988\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Konstantin_Tsiolkovsky#/media/File:FP2A3205_(23497691988).jpg)

Załącznik 4

Projekty Konstantego Ciolkowskiego



Szkic sterowca

Źródło: https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Konstantin_Tsiolkovsky#/media/File:Tsiolkovsky_Aerostat1.jpg

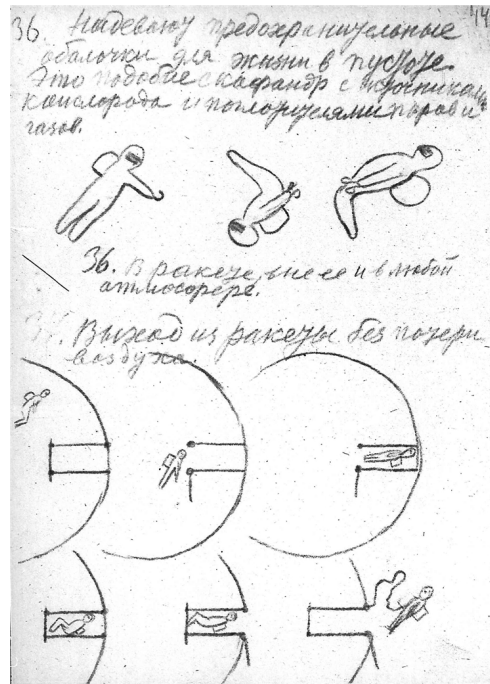


Konstanty Ciolkowski z modelami metalowych sterowców jego projektu

Źródło: https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Konstantin_Tsiolkovsky#/media/File:Tsiolkovsky_with_his_steel_dirigibles.jpg

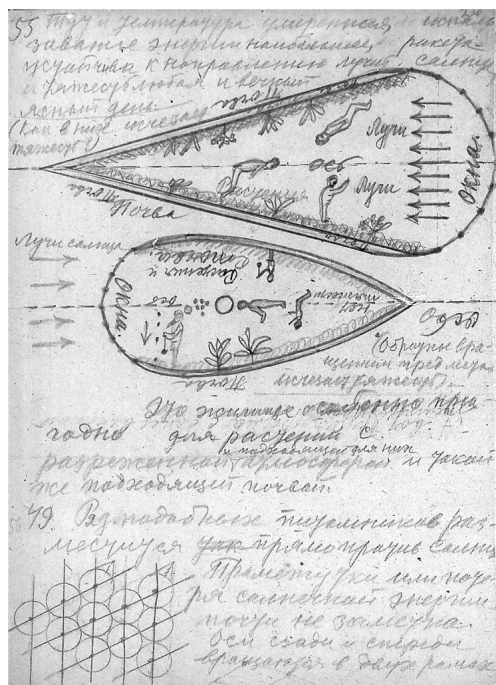
Załącznik 4

Projekty Konstantego Ciolkowskiego



Szkic zasady działania śluzy powietrznej dla kosmonautów

Źródło: https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Konstantin_Tsiolkovsky#/media/File:Tsiolkovsky_Album_44.jpg



Projekt kosmicznej szklarni

Źródło: https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Konstantin_Tsiolkovsky#/media/File:Tsiolkovsky_Album_55.jpg

Załącznik 5

Kody QR



Grupa I: Podróże kosmiczne (kolor czerwony)



Załącznik 5

Kody QR



Grupa II: Rakiety (kolor niebieski)



Załącznik 5

Kody QR

Grupa III: Inne projekty Ciołkowskiego (kolor zielony)



Załącznik 5

Kody QR



Grupa IV: Ciekawostki (kolor czarny)

