centrum nauki Experyment

# scenariusze dla nauczycieli

klasy 7-8 SP

# scenariusze dla nauczycieli

klasy 7-8 SP

# spis treści


spis tresci 02

**wstęp teoretyczny dla nauczyciela 03**

cele 04

**część I - przestrzeń kosmiczna 06**

doświaidczenie 1. wrzenie wody w temperaturze pokojowej 07
doświadczenie 2. komora próżniowa 07
doświadczenie 3. badanie kosmicznych filtrów – ochrona przed UV 09
doświadczenie 4. temperatura 10
podsumowanie 11

**część II - misja na Marsa 12**

doświdczenie 1. opóźnienie komunikacyjne 14
doświdczenie 2. produkcja tlenu – elektroliza wody 15
doświdczenie 3. rdzawa powierzchnia Marsa 16
doświdczenie 4. magnetyzm lokalny 17
podsumowanie 18

**dodatkowe informacje merytoryczne 19**
notatki 24

## wstęp teoretyczny dla nauczyciela

**Temat został podzielony na dwie części. Pierwsza z nich dotyczy przestrzeni kosmicznej i warunków w niej panujących, natomiast druga planety Marsa.**

**Planując podróż w przestrzeń kosmiczną, należy zwrócić uwagę na pewne czynniki występujące podczas startu rakiety, samego lotu, jak i warunków tam panujących. Podczas zajęć skupimy się na próżni, promieniowaniu kosmicznym oraz budowie rakiety.**

**czas realizacji →** 2 x 45 min

## odniesienie do podstawy programowej

**fizyka (klasy 7–8)**

**I. wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości** – uczeń m.in.

- posługuje się pojęciem ciśnienia (w tym ciśnienia atmosferycznego i próżni) oraz analizuje wpływ ciśnienia na stany skupienia i temperaturę wrzenia cieczy
- opisuje zjawisko ruchów jednostajnych i przyspieszonych, przyspieszenia ziemskiego oraz pojęcie przeciążenia

**II. ruch i siły (zasady dynamiki Newtona**) – uczeń m.in.

- stosuje III zasadę dynamiki Newtona do wyjaśnienia zjawiska odrzutu (zasada działania rakiety)

**III. właściwości materii** – uczeń m.in.

- analizuje sposoby przekazywania ciepła (przewodnictwo, konwekcja, promieniowanie) oraz zasady izolacji termicznej

**IV. elektromagnetyzm i światło** – uczeń m.in.

- opisuje właściwości pola magnetycznego, cechy magnesów i powstawanie linii pola magnetycznego
- charakteryzuje promieniowanie elektromagnetyczne (w tym promieniowanie podczerwone IR i ultrafioletowe UV) oraz możliwości zabezpieczenia się przed nim

**chemia (klasy 7–8)**

**I. substancje i ich właściwości/reakcje chemiczne** – uczeń m.in.

- wyjaśnia przebieg reakcji utleniania (powstawanie tlenków, korozja/rdzewienie żelaza)
- opisuje proces elektrolizy (rozpad wody na wodór i tlen pod wpływem prądu elektrycznego) jako metody otrzymywania gazów
- charakteryzuje właściwości fizyczne i chemiczne tlenu, dwutlenku węgla oraz wodoru

**geografia (klasy 7–8)**

**I. Ziemia we Wszechświecie** – uczeń m.in.

- porównuje cechy fizyczne i warunki panujące na Ziemi oraz innych planetach Układu Słonecznego (ze szczególnym uwzględnieniem Marsa)
- wyjaśnia rolę atmosfery i pola magnetycznego jako powłok chroniących Ziemię

# cele

## cele ogólne

- rozwijanie myślenia naukowego i przyrodniczego poprzez powiązanie zjawisk fizycznych i chemicznych z wyzwaniami inżynierii kosmicznej oraz eksploracji Układu Słonecznego
- kształtowanie umiejętności wyciągania wniosków na podstawie samodzielnie przeprowadzanych doświadczeń i obserwacji (z zakresu ciśnienia, promieniowania, reakcji chemicznych i magnetyzmu)
- zrozumienie znaczenia warunków panujących na Ziemi (atmosfera, ciśnienie, pole magnetyczne) dla istnienia i ochrony życia w porównaniu z otwartym kosmosem i Marsem
- ukazanie interdyscyplinarnego charakteru nauk ścisłych i ich praktycznego zastosowania przy projektowaniu technologii kosmicznych (skafandry, systemy ECLSS, osłony termiczne)

## cele szczegółowe

**w zakresie wiedzy uczeń**

- wyjaśnia, czym jest próżnia i jakie konsekwencje niesie brak ciśnienia atmosferycznego dla organizmów żywych
- omawia zagrożenia wynikające z promieniowania kosmicznego (UV, jonizującego) oraz wpływ skrajnych temperatur
- tłumaczy działanie III zasady dynamiki Newtona na przykładzie lotu rakiety
- podaje główne cechy fizyczne Marsa (rzadka atmosfera, niska temperatura, obecność tlenków żelaza, brak globalnego pola magnetycznego)
- wyjaśnia pojęcie okna startowego oraz przyczynę opóźnień w komunikacji radiowej na dużych odległościach

**w zakresie umiejętności uczeń**

- przeprowadza i interpretuje doświadczenia pokazywane na zajęciach (m.in. zmiana temperatury wrzenia wody pod wpływem ciśnienia, działanie koralików UV z kremami SPF, obserwacja promieniowania cieplnego w kamerze termowizyjnej, elektroliza wody, przyspieszone rdzewienie wełny stalowej)
- wskazuje sposoby ochrony stosowane w technologii kosmicznej (folia MLI/NRC, skafandry ciśnieniowe, osłony ze złota, pochłaniacze $CO_2$)
- wykorzystuje opiłki żelaza i magnesy do modelowania linii pola magnetycznego oraz lokalnych anomalii magnetycznych Marsa

**w zakresie kompetencji społecznych i postaw uczeń**

- doskonali umiejętność bezpiecznej pracy w grupie podczas wykonywania doświadczeń
- dostrzega rolę krytycznego myślenia oraz ciągłego rozwoju nauki w pokonywaniu barier technologicznych
- określa unikalne warunki panujące na Ziemi, sprzyjające rozwojowi życia

# przebieg lekcji

# część I – przestrzeń kosmiczna

## wprowadzenie

**nauczyciel pyta uczniów**

*Na jakie czynniki panujące w przestrzeni kosmicznej należy zwrócić uwagę, planując tam podróż?*

**możliwe odpowiedzi uczniów to**

- brak powietrza/brak tlenu do oddychania
- niebezpieczne promieniowanie ze Słońca
- ogromne przeciążenia i wstrząsy przy starcie rakiety
- skrajne zimno w cieniu i gorąco w słońcu
- stan nieważkości/latający ludzie i przedmioty

Więcej informacji znajduje się w *Dodatkowych informacjach merytorycznych*.

**nauczyciel pyta uczniów**

*W co powinien być wyposażony pojazd kosmiczny, abyśmy mogli odbyć w nim kilkudniową podróż?*

**możliwe odpowiedzi uczniów to**

- zapasy jedzenia, wody oraz tlenu
- panele słoneczne do generowania prądu
- toaleta i śpiwory przymocowane do ścian
- komputery i anteny do rozmowy z Ziemią
- gruba osłona, chroniąca statek przed spaleniem się przy powrocie

Więcej informacji znajduje się w *Dodatkowych informacjach merytorycznych*.

**nauczyciel pyta uczniów**

*W jakie osobiste wyposażenie i elementy skafandra musi być zaopatrzony astronauta, aby bezpiecznie przebywać i pracować w przestrzeni kosmicznej?*

**możliwe odpowiedzi uczniów to**

- szczelny kombinezon chroniący przed brakiem powietrza
- plecak z tlenem
- specjalne ubranie zakładane pod kombinezon utrzymujące odpowiednią temperaturę
- hełm
- rękawice i liny chroniące przed odleceniem w kosmos

Więcej informacji znajduje się w *Dodatkowych informacjach merytorycznych*.

## część główna zajęć

### wpływ próżni i spadku ciśnienia

Jak ustaliliśmy wcześniej, w przestrzeni kosmicznej panuje próżnia, czyli skrajnie niskie ciśnienie. Może ono negatywnie wpływać nie tylko na sam statek, ale przede wszystkim na organizm człowieka. Aby zrozumieć, dlaczego kosmonauci potrzebują hermetycznych skafandrów i statków, zaobserwujemy efekt spadku ciśnienia w dwóch doświadczeniach.

## doświadczenie 1. wrzenie wody w temperaturze pokojowej

### materiały

- strzykawka (jedna na ucznia)
- szklanka z letnią wodą (jedna na stolik)

### przebieg doświadczenia

- nabierzcie do strzykawki około 2 $cm^3$ wody
- skierujcie strzykawkę wylotem do góry i delikatnie przesuńcie tłok, aby pozbyć się bąbelków powietrza
- zatkajcie mocno palcem wylot strzykawki, a drugą ręką zdecydowanie odciągnijcie tłok do dołu
- obserwujcie, co dzieje się z wodą w środku
- jeśli chcecie powtórzyć obserwację, wymieńcie wodę na nową

### wyjaśnienie

Kiedy zatykacie wylot i odciągacie tłok, zwiększacie przestrzeń wewnątrz (objętość) strzykawki, przez co ciśnienie gwałtownie spada. Im niższe jest ciśnienie, tym niższa jest temperatura wrzenia wody, dlatego w strzykawce mogą pojawiać się pęcherzyki pary wodnej oraz gazów rozpuszczonych w cieczy.

W kosmosie panuje próżnia (ciśnienie bliskie zeru). Bez specjalnego skafandra płyny ustrojowe natychmiast zaczęłyby parować, a nawet wrzeć pod wpływem ciepła naszego ciała oraz niskiego ciśnienia na zewnątrz. Prowadziłoby to do szybkiego ochładzania powierzchni ciała.

## doświadczenie 2. komora próżniowa

### materiały

- pompa próżniowa
- balonik
- klosz próżniowy

### przebieg doświadczenia

- nadmuchajcie balon do średnicy około 7 cm
- umieśćcie balon pod kloszem
- przy pomocy pompy próżniowej usuńcie powietrze znajdujące się pod kloszem
- obserwujcie, co dzieje się z balonem
- po usunięciu powietrza, wpuśćcie je ponownie do środka
- ponownie obserwujcie zachowanie balona

### wyjaśnienie

Na ścianki balona działa ciśnienie powietrza znajdującego się zarówno w jego wnętrzu, jak i na zewnątrz. Pierwsze chce rozepchnąć balon do jak największych rozmiarów, natomiast drugie – ciśnienie atmosferyczne – działa w przeciwnym kierunku. Rozmiar balonu zależy od różnicy ciśnień i sprężystości gumy.

Zmniejszając ilość powietrza wokół balonu, zmniejszamy również ciśnienie napierające na ścianki. W rezultacie powietrze znajdujące się wewnątrz balonu rozpręża się, a jego objętość wzrasta. To doświadczenie tłumaczy, dlaczego kosmonauci potrzebują specjalnych skafandrów ciśnieniowych.

W kosmosie panuje bardzo niskie ciśnienie. Gdyby człowiek wyszedł w otwartą przestrzeń kosmiczną bez szczelnego skafandra, gazy znajdujące się w jego ciele i płucach zaczęłyby się rozprężać. Mogłoby to doprowadzić do poważnych uszkodzeń, szczególnie w przypadku wstrzymania oddechu. Skafander kosmiczny utrzymuje wokół ciała odpowiednie ciśnienie i zapewnia warunki zbliżone do tych, które panują w atmosferze ziemskiej.

### promieniowanie kosmiczne – niewidzialne niebezpieczeństwo

Wiemy już, jak niebezpieczne mogą być próżnia kosmiczna i bardzo niskie ciśnienie. Kolejnym groźnym czynnikiem, którego nie można zobaczyć, usłyszeć ani bezpośrednio poczuć, jest promieniowanie kosmiczne. Zastanówmy się, dlaczego na powierzchni Ziemi jesteśmy przed nim w dużym stopniu chronieni, natomiast poza naszą planetą stanowi ono jedno z najpoważniejszych zagrożeń dla zdrowia i życia astronautów.

**nauczyciel pyta uczniów**

*Co chroni nas na Ziemi przed szkodliwym promieniowaniem ze Słońca i głębokiego kosmosu oraz co dzieje się, gdy opuszczamy naszą planetę?*

**możliwe odpowiedzi uczniów**

- chroni nas atmosfera ziemska
- chroni nas pole magnetyczne Ziemi
- w kosmosie nie ma powietrza, więc promieniowanie dociera bez przeszkód
- promieniowanie powoduje poparzenia, raka (nowotwory) lub uszkadza komórki
- Słońce wysyła niebezpieczne promienie (UV, X/rentgenowskie)

Promieniowanie występujące w przestrzeni kosmicznej obejmuje zarówno wysokoenergetyczne cząstki, głównie protony i jądra atomowe, jak i promieniowanie elektromagnetyczne, na przykład promieniowanie rentgenowskie i gamma. Jego źródłem są między innymi Słońce oraz odległe obiekty i zjawiska zachodzące w naszej galaktyce, takie jak wybuchy supernowych.

Słońce emituje wiatr słoneczny, czyli strumień naładowanych cząstek, a podczas rozbłysków i koronalnych wyrzutów masy może również wysyłać w przestrzeń cząstki o bardzo dużych energiach. Z kolei promieniowanie galaktyczne składa się z cząstek poruszających się z prędkościami zbliżonymi do prędkości światła. Ich duża energia sprawia, że mogą przenikać przez materiały, uszkadzać komórki organizmów żywych oraz zakłócać działanie elektroniki. Poznanie właściwości tego promieniowania pozwala inżynierom projektować odpowiednie osłony dla ludzi i urządzeń.

Ziemia posiada dwa główne systemy ochronne – pole magnetyczne, tworzące magnetosferę oraz atmosferę. Pole magnetyczne zmienia tor ruchu wielu naładowanych cząstek docierających ze Słońca i kieruje część z nich w okolice biegunów magnetycznych. Oddziaływanie tych cząstek z atmosferą prowadzi między innymi do powstawania zórz polarnych.

Promieniowanie, które dociera do atmosfery, jest w znacznej części pochłaniane lub osłabiane podczas zderzeń z jej cząsteczkami. Warstwa ozonowa szczególnie skutecznie pochłania znaczną część szkodliwego promieniowania ultrafioletowego. Dzięki magnetosferze i atmosferze, natężenie szkodliwego promieniowania docierającego do powierzchni Ziemi jest znacznie mniejsze niż w otwartej przestrzeni kosmicznej, co umożliwia bezpieczne funkcjonowanie organizmów żywych.

## doświadczenie 3. badanie kosmicznych filtrów – ochrona przed UV

### materiały

- koraliki UV (fotochromowe)
- kremy z różnymi filtrami UV (np. SPF 15, SPF 30, SPF 50)
- przezroczyste woreczki strunowe
- latarki UV

### przebieg doświadczenia

- włóżcie po kilka koralików do osobnych, przezroczystych woreczków strunowych
- posmarujcie każdy woreczek od zewnątrz innym kremem SPF (15, 30 i 50)
- włączcie latarkę UV i oświetlcie po kolei każdy woreczek przez około 15 sekund przy zachowaniu bezpiecznej odległości
- zwróćcie uwagę na to, jak zmienia się zabarwienie koralików w poszczególnych woreczkach – które koraliki zabarwiły się najmocniej, a które pozostały najjaśniejsze?

### wyjaśnienie

Koraliki użyte w doświadczeniu zawierają specjalne pigmenty, które zmieniają barwę pod wpływem promieniowania ultrafioletowego. Promieniowanie UV jest niewidzialne dla ludzkiego oka i stanowi część promieniowania emitowanego przez Słońce. W naszym doświadczeniu latarka UV pełniła rolę źródła promieniowania słonecznego, natomiast koraliki obrazowały jego oddziaływanie na skórę.

Doświadczenie pokazało, że kremy z filtrem przeciwsłonecznym ograniczają ilość promieniowania UV docierającego do koralików. Koraliki osłonięte kremem zmieniały barwę słabiej niż koraliki niechronione. Wyższa wartość SPF oznacza większą ochronę przede wszystkim przed promieniowaniem UVB, pod warunkiem nałożenia odpowiedniej ilości preparatu. Krem nie zatrzymuje jednak całego promieniowania UV.

Doświadczenie obrazuje również jeden z problemów, z którymi mierzą się astronauci w przestrzeni kosmicznej. Na Ziemi atmosfera, a w szczególności warstwa ozonowa, pochłania znaczną część szkodliwego promieniowania ultrafioletowego emitowanego przez Słońce. Poza atmosferą nie ma takiej naturalnej ochrony, dlatego astronauci muszą korzystać ze specjalnych osłon i skafandrów.

Wizjery skafandrów kosmicznych są wykonane z materiałów ograniczających przenikanie promieniowania ultrafioletowego. Bez takiej ochrony skóra i oczy astronauty byłyby narażone na silne promieniowanie słoneczne, które mogłoby prowadzić do uszkodzenia tkanek. Również nieosłonięte koraliki wystawione na intensywne promieniowanie UV szybko zmieniłyby kolor.

Na koniec pierwszej części naszej lekcji sprawdzimy, jak radzimy sobie z kolejnym wyzwaniem kosmosu – skrajnymi temperaturami. Przypomnijmy – po stronie słonecznej statek nagrzewa się do ponad +120°C, a w cieniu spada do -150°C. Jak to możliwe, że w środku astronauci nie zamarzają ani się nie gotują? Użyjemy kamery termowizyjnej, żeby „zobaczyć" promieniowanie cieplne i sprawdzić, jak działają kosmiczne osłony termiczne.

## doświadczenie 4. temperatura

### materiały

- kamera termowizyjna podłączona do tabletu/telefonu
- folia termiczna NRC srebrno-złota (koc ratunkowy)
- arkusze różnych materiałów do porównania (np. bawełniana koszulka, karton, folia bąbelkowa)
- źródło ciepła (np. dłoń ucznia, kubek z ciepłą wodą lub ciepły kaloryfer)

### przebieg doświadczenia

- skierujcie kamerę termowizyjną na klasę/ochotnika – pokażcie na ekranie, że kamera rejestruje promieniowanie podczerwone – twarz i dłonie są jasne/czerwone/żółte (ciepłe), a ubrania czy ławki ciemne/niebieskie (chłodniejsze)

- **krok 1.** (zwykłe materiały) – zasłońcie dłoń ucznia lub ciepły kubek zwykłą kartką papieru lub bawełnianą szmatką – na kamerze termowizyjnej nadal widać ślad ciepła przenikający przez materiał
- **krok 2.** (kosmiczny materiał – folia NRC) – zasłońcie tę samą dłoń/kubek arkuszem folii termicznej (NRC) – kamera pokazuje, że ciepło całkowicie „znika", a folia staje się na ekranie ciemna/zimna, działa jak idealne lustro odbijające temperaturę otoczenia

### wyjaśnienie

To, co widzimy na ekranie kamery termowizyjnej, przedstawia rozkład promieniowania podczerwonego emitowanego przez obserwowane obiekty. Na podstawie jego natężenia kamera określa przybliżoną temperaturę ich powierzchni.

W przestrzeni kosmicznej nie ma powietrza, dlatego ciepło nie jest przekazywane do otoczenia przez konwekcję. Pomiędzy statkiem a przestrzenią kosmiczną wymiana energii zachodzi przede wszystkim za pośrednictwem promieniowania cieplnego.

Folia NRC oraz wielowarstwowa izolacja termiczna MLI stosowana na statkach kosmicznych ograniczają wymianę ciepła przez promieniowanie. Ich błyszczące powierzchnie odbijają znaczną część padającego promieniowania słonecznego, a jednocześnie zmniejszają wypromieniowywanie energii cieplnej przez osłonięty obiekt.

Dzięki niewielkiej masie i odpowiedniej budowie wielowarstwowa izolacja skutecznie chroni statek i jego wyposażenie przed nadmiernym nagrzewaniem oraz wychładzaniem. Nie zastępuje jednak wszystkich innych materiałów ochronnych, ponieważ nie zapewnia wytrzymałości mechanicznej ani pełnej ochrony przed promieniowaniem jonizującym.

## podsumowanie

Dzisiaj udowodniliśmy doświadczalnie, że kosmos to środowisko wysoce niesprzyjające ludzkiemu życiu. Aby przetrwać w nim chociażby kilka minut, musimy zmierzyć się z trzema głównymi wyzwaniami.

| wyzwanie kosmiczne | efekt zaobserwowany w doświadczeniu | jak z nim walczymy? |
|---|---|---|
| próżnia i bardzo niskie ciśnienie | wrzenie wody w temp. pokojowej (strzykawka) oraz rozprężanie gazów (balon) | hermetyczne kabiny i ciśnieniowe skafandry z systemem ECLSS |
| promieniowanie UV i jonizujące | zmiana koloru koralików pod wpływem UV (brak tarczy ziemskiej) | wizjery pokryte złotem, osłony z polimerów, wody i ołowiu |
| skrajne temperatury | zniknięcie promieniowania cieplnego za folią NRC – na kamerze termowizyjnej | wielowarstwowa izolacja refleksyjna (MLI) oraz bielizna chłodzona cieczą (LCVG) |

# przebieg lekcji
# część II – misja na Marsa

## wprowadzenie

Wiemy już, z jakimi zagrożeniami musimy się zmierzyć w otwartej przestrzeni kosmicznej oraz w jaki sposób chronią nas statki kosmiczne i skafandry. Podczas dzisiejszej lekcji opuścimy okolice Ziemi i wyruszymy w wielomiesięczną podróż na Marsa. Wspólnie przekonamy się, czy na Czerwonej Planecie panują warunki bardziej przyjazne dla człowieka, czy też czekają tam na nas zupełnie nowe zagrożenia.

Mars jest czwartą planetą od Słońca, a jego średnica jest niemal dwukrotnie mniejsza od średnicy Ziemi. Ma dwa niewielkie księżyce – Fobosa i Deimosa. Powierzchnia Marsa przypomina zimną, skalistą pustynię. Średnia temperatura wynosi tam około −60°C, chociaż na planecie występują pory roku, a latem temperatura w pobliżu równika może okresowo wzrosnąć nawet do około +20°C.

Mars jest nazywany Czerwoną Planetą ze względu na obecność tlenków żelaza w jego skałach i pyle, które nadają powierzchni charakterystyczną, rdzawoczerwoną barwę.

Ze względu na ogromną odległość między Ziemią a Marsem załogowa misja na tę planetę byłaby bardzo ryzykowna, skomplikowana i kosztowna. Wymagałaby zgromadzenia zapasów żywności, wody, tlenu i paliwa na długi czas, a także opracowania sposobów ich odzyskiwania lub wytwarzania podczas misji.

Do największych wyzwań biologicznych i technicznych należą – bardzo rzadka atmosfera, niskie temperatury, promieniowanie kosmiczne, ograniczona dostępność wody oraz psychologiczne skutki długotrwałego przebywania w zamknięciu i odosobnieniu. Dotychczas żaden człowiek nie stanął na powierzchni Marsa. Planetę badają bezzałogowe sondy, lądowniki i łaziki.

**nauczyciel pyta uczniów**

*Co już wiecie o Marsie i jak myślicie – dlaczego do tej pory żaden człowiek nie postawił tam stopy, a planetę badają wyłącznie roboty i łaziki?*

**możliwe odpowiedzi uczniów to**

- Mars jest bardzo daleko, więc podróż trwa niezwykle długo
- jest tam zimno, nie ma tlenu do oddychania i brak jest wody w stanie ciekłym
- taka wyprawa kosztuje bardzo dużo pieniędzy
- ludzie mogliby tam zachorować z powodu promieniowania

### trajektoria lotu i okno startowe

Ziemia krąży wokół Słońca po mniejszej orbicie i porusza się szybciej niż Mars. Rok marsjański, czyli czas jednego obiegu Marsa wokół Słońca, trwa około 687 dni ziemskich. Średnia prędkość orbitalna Ziemi wynosi około 30 km/s, natomiast Marsa około 24 km/s.

Statek kosmiczny nie leci w kierunku miejsca, w którym Mars znajduje się w chwili startu. Musi zostać skierowany tam, gdzie planeta znajdzie się po kilku miesiącach lotu. W przypadku typowej trajektorii transferowej podróż trwa około ośmiu–dziewięciu miesięcy.

Dogodne okno startowe dla lotu z Ziemi na Marsa pojawia się mniej więcej co 26 miesięcy. W chwili startu Mars powinien znajdować się na swojej orbicie odpowiednio przed Ziemią, tak aby statek kosmiczny i planeta dotarły w tym samym czasie do miejsca przecięcia ich torów.

### logistyka i czynnik ludzki (odosobnienie i promieniowanie)

Ze względu na dużą odległość cała misja, obejmująca lot w obie strony oraz pobyt na Marsie, potrwałaby około dwóch–trzech lat. Wymaga to zgromadzenia ogromnych zapasów żywności, wody i paliwa, a także opracowania systemów umożliwiających ich odzyskiwanie lub wytwarzanie podczas misji.

Poza zagrożeniami fizycznymi, takimi jak promieniowanie kosmiczne i słoneczne, jednym z najważniejszych wyzwań jest kondycja psychiczna załogi. Długotrwałe przebywanie kilku osób w ograniczonej przestrzeni, w znacznej izolacji od Ziemi i bez możliwości szybkiego powrotu, może powodować silny stres, konflikty oraz pogorszenie samopoczucia psychicznego.

# część główna zajęć

### okno startowe

Jak wspomnieliśmy wcześniej, moment startu rakiety ma ogromne znaczenie dla powodzenia misji. Lot na Marsa nie odbywa się po linii prostej, lecz przypomina skomplikowaną grę w kosmicznego berka. Ponieważ obie planety poruszają się wokół Słońca z różnymi prędkościami, statek kosmiczny musi zostać skierowany w miejsce, w którym Mars znajdzie się dopiero po kilku miesiącach. Sprawdźmy na karcie danych, w którym momencie najlepiej wystrzelić naszą rakietę.

## doświadczenie 1. idealny moment startu

### ważne!

Pomiary pobrane zostały z API udostępnionego przez NASA za pomocą JPL Horizons.

W rzeczywistych misjach kosmicznych termin startu wyznacza się z wykorzystaniem dokładnych obliczeń mechaniki orbitalnej. W tym ćwiczeniu zastosowano uproszczoną metodę polegającą na analizie różnicy położenia kątowego Ziemi i Marsa, aby zrozumieć ideę okna startowego. Stopnie również zostały zaokrąglone, a dokładność liczona jest co do miesiąca.

### materiały

- karta pracy
- ołówek/długopis

### przebieg doświadczenia

- obliczcie różnicę kątową między Marsem a Ziemią, odejmując wartość pozycji Ziemi od wartości pozycji Marsa
- wyniki zapiszcie w rubryce *Różnica*
- określcie, czy w danym miesiącu Mars znajduje się przed Ziemią (dodatni wynik w rubryce *Różnica*)
- znajdźcie różnice, które są najbliższe 45–50 stopniom, aby znaleźć idealny dzień na lot

### wyjaśnienie

Rakieta lecąca z Ziemi na Marsa nie kieruje się w miejsce, w którym Mars znajduje się w czasie jej startu. W czasie lotu obie planety nieustannie poruszają się po własnych orbitach. Ziemia porusza się po orbicie prawie dwukrotnie szybciej niż Mars, dlatego musimy zaplanować start wtedy, gdy Mars wyprzedza Ziemię o około 45–50 stopni. Dzięki temu rakieta i Mars dotrą do tego samego miejsca w przestrzeni mniej więcej w tym samym czasie, a my uzyskamy krótszy czas podróży.

### tlen na Marsie

Pamiętacie doświadczenie ze strzykawką przeprowadzone podczas poprzednich zajęć? Atmosfera Marsa jest niezwykle rzadka, a ciśnienie na jego powierzchni jest ponad sto razy niższe niż na Ziemi. W takich warunkach płyny znajdujące się na powierzchni ciała, takie jak ślina i łzy, mogłyby zacząć intensywnie parować, a nawet wrzeć w temperaturze ludzkiego ciała. Proces ten prowadziłby do ochładzania odsłoniętych tkanek.

Krew znajdująca się wewnątrz naczyń krwionośnych jest utrzymywana pod wyższym ciśnieniem, dlatego nie zagotowałaby się natychmiast. Człowiek bez skafandra byłby jednak narażony na bardzo niskie ciśnienie oraz niemal całkowity brak tlenu, przez co szybko straciłby przytomność.

Gdybyście stanęli na powierzchni Marsa i zdjęli hełm, nie moglibyście oddychać. Marsjańska atmosfera składa się głównie z dwutlenku węgla i zawiera jedynie śladowe ilości tlenu. Skąd zatem przyszli astronauci mogliby pozyskiwać tlen do oddychania? Za chwilę przeprowadzimy doświadczenie, podczas którego wytworzymy tlen z wody.

## doświadczenie 2. produkcja tlenu – elektroliza wody

### materiały

- dwie elektrody grafitowe lub żelazne gwoździe
- kable z krokodylkami
- bateria 9V
- woda
- szczypta soli Epsom
- zlewka
- wskaźnik pH (opcjonalnie)

### przebieg doświadczenia

- do zlewki z wodą dodajcie szczyptę soli (oraz opcjonalnie wskaźnik) i zamieszajcie
- za pomocą kabli z krokodylkami podłączcie obie elektrody do biegunów baterii (jedną do plusa, drugą do minusa). Uwaga – od momentu podłączenia elektrod do baterii nie powinny się one ze sobą stykać, gdyż może to prowadzić do przeskoku iskry
- umieśćcie elektrody w zlewce tak, aby się ze sobą nie stykały
- odczekajcie chwilę i obserwujcie, co dzieje się na powierzchni elektrod oraz czy roztwór zmienia kolor (jeśli został dodany wskaźnik pH)

### wyjaśnienie

Doświadczenie, które przeprowadziliśmy, to elektroliza wody. Pod wpływem prądu elektrycznego dostarczanego przez baterię woda ulega rozkładowi, w wyniku którego powstają dwa gazy – wodór i tlen. Na obu elektrodach można zauważyć drobne pęcherzyki wydzielających się gazów.

Jeżeli do roztworu dodano wskaźnik kwasowo-zasadowy, w pobliżu elektrod mogła nastąpić zmiana jego barwy. Wynika ona ze zmian odczynu roztworu zachodzących podczas reakcji elektrodowych. Środowisko zasadowe będzie powstawać przy katodzie (podłączonej do ujemnego bieguna baterii). Tam też powstanie wodór. Natomiast środowisko kwasowe powstaje przy anodzie (dodatni biegun baterii), gdzie powstaje tlen.

Wytwarzanie tlenu w przestrzeni kosmicznej ma ogromne znaczenie. Na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej potrzebny załodze tlen jest wytwarzany między innymi poprzez elektrolizę wody, a energia elektryczna niezbędna do działania urządzeń pochodzi z paneli fotowoltaicznych.

Możliwość pozyskiwania tlenu będzie również bardzo ważna podczas przyszłych misji na Marsa. Marsjańska atmosfera zawiera jedynie około 0,13% tlenu, podczas gdy atmosfera ziemska zawiera go około 21%. Astronauci będą potrzebowali tlenu nie tylko do oddychania, lecz także jako utleniacza w paliwie rakietowym, umożliwiającego pracę silników podczas startu z powierzchni Marsa i rozpoczęcia podróży powrotnej na Ziemię.

### powierzchnia Marsa

Na początku zajęć powiedzieliśmy, że powierzchnia Marsa jest pokryta związkami żelaza nadającymi jej charakterystyczną rdzawoczerwoną barwę. Jak jednak mogły one powstać? Przeprowadźmy prostą reakcję chemiczną, aby zobaczyć proces przypominający rdzewienie materiałów zawierających żelazo.

## doświadczenie 3. rdzawa powierzchnia Marsa

### materiały

- sól
- woda utleniona
- ciepła woda
- wełna stalowa

### przebieg doświadczenia

- włóżcie kawałek wełny stalowej do zlewki, wełny dotykajcie tylko w rękawiczkach
- wsypcie do zlewki łyżeczkę soli
- wlejcie ciepłą wodę (tak, aby przykryła wełnę) i zamieszajcie
- za pomocą pipety dodajcie dwie porcje wody utlenionej (dwie pipety – 6 ml) i ponownie zamieszajcie
- odczekajcie około 5 minut i obserwujcie zmiany

### wyjaśnienie

Wełna stalowa zawiera żelazo, które w obecności wody i tlenu ulega korozji. Sól zwiększa przewodnictwo roztworu i przyspiesza ten proces, natomiast woda utleniona dostarcza dodatkowego utleniacza. Na powierzchni wełny powstają związki żelaza, między innymi tlenki, wodorotlenki i uwodnione produkty korozji, które mają żółtą, pomarańczową lub brunatną barwę.

Mars jest nazywany Czerwoną Planetą, ponieważ jego pył i skały zawierają duże ilości tlenków żelaza. Związki te nadają powierzchni Marsa charakterystyczną, rdzawoczerwoną barwę. Doświadczenie nie odtwarza dokładnie warunków panujących na Marsie, lecz pokazuje, w jaki sposób utlenianie żelaza może prowadzić do powstawania barwnych produktów podobnych do rdzy.

### magnetyzm Marsa

Gdybyście wzięli ze sobą na Marsa zwykły igłowy kompas, byłby on całkowicie bezużyteczny, ponieważ ta planeta nie posiada magnetosfery. Dlaczego Ziemia chroni nas potężną tarczą magnetyczną, a Mars ją stracił? Zobaczmy, jak wyglądają szczątkowe pola magnetyczne Czerwonej Planety.

## doświadczenie 4. magnetyzm lokalny

### materiały

- folia magnetyczna
- małe magnesy

### przebieg doświadczenia

Na początek przyłóżcie folię magnetyczną do magnesu i zaobserwujcie, co się dzieje. Spróbujcie zbadać swoje otoczenie i wyszukać, które przedmioty zawierają magnes (telefon, tablet itd.).

Następnie przystąpcie do drugiej części doświadczenia. Przyłóżcie kilka magnesów w różnych miejscach folii.

Zobaczcie, jak teraz tworzą się mniejsze, niezależne od siebie kształty i skupiska.

### wyjaśnienie

Ziemię otacza rozległe pole magnetyczne, które jest wytwarzane przez ruch przewodzącej materii w jej ciekłym jądrze zewnętrznym. Pole to wpływa między innymi na ustawienie igły kompasu oraz zmienia tory wielu naładowanych cząstek docierających ze Słońca.

Mars nie ma obecnie podobnego, globalnego pola magnetycznego. Badania jego skorupy wskazują jednak, że we wczesnej historii planety takie pole istniało. Było ono wytwarzane przez mechanizm nazywany dynamem planetarnym, związany z ruchem przewodzącej materii we wnętrzu Marsa. Z czasem działanie tego mechanizmu ustało, chociaż dokładne przyczyny tego procesu nadal są badane.

Brak globalnego pola magnetycznego ułatwił wiatrowi słonecznemu oddziaływanie na górne warstwy marsjańskiej atmosfery. W ciągu miliardów lat proces ten przyczyniał się do stopniowej utraty części atmosfery w przestrzeni kosmicznej. Nie był to jednak jedyny czynnik, który doprowadził Marsa do obecnego, zimnego i suchego stanu.

W drugiej części doświadczenia jeden duży magnes przedstawiał w uproszczeniu globalne pole magnetyczne, podobne do pola Ziemi. Kilka mniejszych magnesów może natomiast posłużyć jako model dzisiejszego Marsa. W niektórych obszarach jego skorupy znajdują się silnie namagnesowane skały, które zachowały ślady dawnego pola magnetycznego planety.

Skały te tworzą lokalne pola magnetyczne. Niektóre z ich zamkniętych linii mogą układać się ponad powierzchnią w struktury przypominające niewielkie kopuły lub parasole. Naukowcy określają takie obszary między innymi jako lokalne anomalie magnetyczne, pola magnetyczne skorupy albo miniaturowe magnetosfery. Nie tworzą one jednak jednej, szczelnej osłony otaczającej całą planetę.

## podsumowanie

| cecha/parametr | Ziemia | otwarty kosmos | Mars |
|---|---|---|---|
| **główne cechy** | życie, woda w stanie ciekłym | próżnia, bardzo niskie ciśnienie | mroźna pustynia, średnia temp. –60°C |
| **atmosfera/ ciśnienie** | 1013 hPa (tlen 21%) | próżnia | 6–7 hPa (95% $CO_2$, rzadka atmosfera) |
| **księżyce** | 1 (Księżyc) | - | 2 (Fobos i Deimos) |
| **ochrona** | magnetosfera i gęsta atmosfera | brak | szczątkowy magnetyzm „parasolowy”, bardzo cienka atmosfera |
| **eksploracja** | ludzie (na co dzień) | stacje kosmiczne (ISS), satelity, sondy | łaziki bezzałogowe, satelity, sondy |

Podczas naszej dwuczęściowej podróży zobaczyliśmy, w jaki sposób technologia pozwala ludziom przetrwać w niezwykle trudnych warunkach przestrzeni kosmicznej, a także poznaliśmy bliżej Czerwoną Planetę. Choć Mars jest zimną, suchą i nieprzyjazną pustynią, dzięki pracy sond, lądowników i łazików wiemy o nim coraz więcej. Być może to właśnie ktoś z was w przyszłości stanie na jego powierzchni jako jeden z pierwszych ludzi.

# dodatkowe informacje merytoryczne

### próżnia i bardzo niskie ciśnienie (brak tlenu do oddychania)

W przestrzeni kosmicznej panuje skrajnie niskie ciśnienie, zbliżone do zera (bardzo wysoka próżnia). Znajduje się tam niewiele cząsteczek gazu, co oznacza brak tlenu do oddychania oraz brak możliwości rozchodzenia się fal dźwiękowych. Statki kosmiczne i skafandry muszą pełnić funkcję szczelnych komór ciśnieniowych, w których sztucznie utrzymuje się odpowiednie ciśnienie i skład atmosfery. Ich konstrukcja musi wytrzymać dużą różnicę ciśnień między wnętrzem kabiny lub skafandra a otaczającą je próżnią.

### promieniowanie kosmiczne (jonizujące)

Poza ochronnym wpływem ziemskiej atmosfery i magnetosfery astronauci są narażeni na silniejsze promieniowanie jonizujące. Promieniowanie to może uszkadzać DNA w komórkach organizmów żywych oraz powodować zakłócenia i błędy w działaniu elektroniki pokładowej. Długotrwała ekspozycja bez odpowiednich osłon zwiększa przede wszystkim ryzyko rozwoju chorób nowotworowych, natomiast przyjęcie dużej dawki promieniowania w krótkim czasie może prowadzić do choroby popromiennej.

Inżynierowie projektują osłony statków kosmicznych z materiałów zawierających dużo wodoru, na przykład specjalnych polimerów. Ochrona załogi przed promieniowaniem jest jednym z największych wyzwań związanych z planowaną załogową misją na Marsa.

### start rakiety, budowa i przeciążenia

Aby wejść na orbitę okołoziemską, rakieta musi osiągnąć odpowiednią prędkość orbitalną, zbliżoną do pierwszej prędkości kosmicznej, wynoszącej około 7,9 km/s. Jej ruch jest możliwy dzięki III zasadzie dynamiki Newtona – gazy wyrzucane z dużą prędkością z dysz silników powodują ruch rakiety w tym samym kierunku, ale o przeciwnym zwrocie.

Podczas gwałtownego przyspieszania astronauci doświadczają dużego przeciążenia, wskutek czego ich ciężar pozorny może wzrosnąć kilkukrotnie. Rakiety nośne mają zazwyczaj budowę wielostopniową. Po odrzuceniu zużytych stopni i pustych zbiorników pojazd staje się lżejszy, dzięki czemu pozostałe silniki mogą skuteczniej zwiększać jego prędkość.

Konstrukcja rakiety musi być bardzo wytrzymała, aby znosić drgania, duże obciążenia mechaniczne, opór aerodynamiczny oraz silne nagrzewanie podczas przelotu przez gęste warstwy atmosfery.

### skrajne temperatury i wymiana ciepła

W próżni brak powietrza uniemożliwia wymianę ciepła przez konwekcję. Przewodnictwo cieplne nadal zachodzi jednak wewnątrz elementów konstrukcyjnych statku, natomiast między pojazdem a otoczeniem energia jest wymieniana głównie w postaci promieniowania.

Powierzchnia statku, wystawiona na bezpośrednie działanie promieniowania słonecznego, może nagrzewać się do temperatury przekraczającej +120°C, podczas gdy powierzchnia pozostająca w cieniu może osiągać temperaturę około –150°C. Dokładne wartości zależą od rodzaju materiału, jego położenia oraz odległości od Słońca.

Statki kosmiczne są wyposażone w systemy kontroli termicznej. W systemach aktywnych ciecz chłodząca transportuje ciepło pomiędzy poszczególnymi częściami pojazdu, a następnie przekazuje je do radiatorów wypromieniowujących energię w przestrzeń kosmiczną. Na zewnętrznych powierzchniach stosuje się także wielowarstwową izolację termiczną, która ogranicza pochłanianie promieniowania słonecznego oraz utratę ciepła przez statek.

### mikrograwitacja (stan nieważkości)

Podczas ciągłego swobodnego spadku na orbicie astronauci doświadczają mikrograwitacji, potocznie nazywanej stanem nieważkości. Długotrwałe przebywanie w takich warunkach prowadzi do stopniowego zaniku tkanki mięśniowej oraz zmniejszenia gęstości mineralnej kości. Mikrograwitacja wpływa również na układ krążenia i rozmieszczenie płynów ustrojowych, które przemieszczają się w kierunku głowy, powodując między innymi obrzęk twarzy oraz zaburzenia widzenia. Aby ograniczyć te niekorzystne zmiany, astronauci przebywający na stacji kosmicznej ćwiczą codziennie przez około dwie godziny na specjalistycznych urządzeniach treningowych.

### systemy podtrzymywania życia (ECLSS – woda, tlen, powietrze)

Aby załoga mogła przetrwać, statek musi być wyposażony w zamknięty system podtrzymywania życia, który dostarcza tlen oraz utrzymuje odpowiedni skład i cyrkulację powietrza. Jednym z jego kluczowych elementów są pochłaniacze i filtry, które na bieżąco usuwają z kabiny dwutlenek węgla wydychany przez ludzi.

Woda jest magazynowana w specjalnych zbiornikach, a w nowoczesnych pojazdach i stacjach kosmicznych stosuje się również systemy odzyskiwania jej z pary wodnej, potu i moczu. System podtrzymywania życia kontroluje ponadto wilgotność, temperaturę oraz ciśnienie wewnątrz kabiny, zapobiegając niebezpiecznym zmianom tych parametrów.

Zapewnienie załodze czystego powietrza i wody stanowi podstawę bezpiecznego działania każdego załogowego pojazdu kosmicznego.

### zasilanie i magazynowanie energii

Wszystkie komputery, systemy podtrzymywania życia, urządzenia łączności oraz układy ogrzewania potrzebują stałego i niezawodnego źródła energii elektrycznej. Najczęściej wykorzystuje się panele fotowoltaiczne, które przetwarzają promieniowanie słoneczne w energię elektryczną.

Gdy statek znajduje się w cieniu, na przykład Ziemi lub Księżyca, zasilanie mogą przejmować akumulatory. W niektórych pojazdach kosmicznych stosuje się również ogniwa paliwowe. W ogniwie paliwowym wodór reaguje z tlenem, wytwarzając energię elektryczną, ciepło oraz wodę jako produkt reakcji.

Bez sprawnego systemu zasilania statek kosmiczny szybko utraciłby możliwość sterowania, ogrzewania, komunikacji i podtrzymywania warunków niezbędnych do życia załogi.

### wyposażenie bytowe i higieniczne (jedzenie, sen, toaleta)

Podczas kilkudniowego lotu astronauci korzystają między innymi z żywności liofilizowanej, czyli odwodnionej, która jest lekka, zajmuje mało miejsca i ma długi okres przydatności do spożycia. Zamiast tradycyjnej łazienki statek jest wyposażony w toaletę kosmiczną, która wykorzystuje przepływ powietrza do zasysania nieczystości.

Do wypoczynku służą specjalne śpiwory przymocowane do ścian kabiny, dzięki czemu astronauci nie przemieszczają się swobodnie podczas snu. Przedmioty codziennego użytku również muszą być zabezpieczane za pomocą rzepów, pasków lub specjalnych uchwytów, aby nie unosiły się po kabinie i nie uszkodziły delikatnych urządzeń.

Odpowiednie warunki bytowe są niezbędne do zachowania zdrowia, sprawności oraz dobrej kondycji psychicznej załogi.

### komunikacja, nawigacja i sterowanie

Pojazd kosmiczny musi być wyposażony w rozbudowane systemy komputerowe, które automatycznie kontrolują trajektorię lotu oraz pracę poszczególnych podzespołów. Łączność z centrum kontroli misji na Ziemi zapewniają anteny radiowe, a coraz częściej również systemy łączności laserowej, umożliwiające przesyłanie danych i głosu.

Do zmiany orientacji pojazdu w przestrzeni oraz wykonywania niewielkich korekt toru lotu wykorzystuje się system silników manewrowych RCS. Nawigacja opiera się między innymi na żyroskopach, czujnikach gwiazd, urządzeniach bezwładnościowych oraz danych przesyłanych z Ziemi. Pozwala to precyzyjnie określać położenie, prędkość i orientację pojazdu.

Sprawna komunikacja oraz dokładna nawigacja mają kluczowe znaczenie dla powodzenia misji i bezpiecznego powrotu załogi na Ziemię.

### osłony termiczne i ochrona strukturalna

Zewnętrzne powierzchnie statku pokrywa się wielowarstwową izolacją termiczną, która ogranicza nagrzewanie i utratę ciepła w przestrzeni kosmicznej. Jednym z najważniejszych elementów kapsuły powrotnej jest tarcza termiczna umieszczona od strony, z której pojazd wchodzi w atmosferę.

Podczas wejścia w atmosferę powietrze przed kapsułą zostaje gwałtownie sprężone i silnie się nagrzewa. Temperatura gazu otaczającego pojazd może osiągać nawet kilka tysięcy stopni Celsjusza, dlatego tarcza termiczna musi skutecznie chronić wnętrze kapsuły przed przegrzaniem.

Konstrukcja statku może być również wyposażona w osłony chroniące przed mikrometeoroidami i drobnymi odłamkami orbitalnymi oraz w materiały ograniczające narażenie załogi na promieniowanie. Systemy te zmniejszają ryzyko uszkodzenia pojazdu, pomagają zachować integralność jego konstrukcji i zwiększają bezpieczeństwo załogi podczas misji.

### ciśnieniowy skafander kosmiczny

Skafander przeznaczony do wyjścia w otwartą przestrzeń kosmiczną musi być szczelny i utrzymywać wewnątrz odpowiednie ciśnienie, chroniąc organizm astronauty przed skutkami działania próżni. Mimo wielowarstwowej budowy i stosunkowo dużej sztywności jego konstrukcja musi umożliwiać poruszanie kończynami oraz wykonywanie precyzyjnych prac.

Bez takiego wyposażenia człowiek znajdujący się poza statkiem byłby narażony na bardzo niskie ciśnienie, brak tlenu i silne promieniowanie. W ciągu kilkunastu sekund mógłby stracić przytomność, a dłuższa ekspozycja stanowiłaby bezpośrednie zagrożenie dla życia.

### plecakowy system podtrzymywania życia

Na plecach skafandra znajduje się przenośny system podtrzymywania życia, który stale dostarcza tlen do oddychania oraz usuwa wydychany przez astronautę dwutlenek węgla. Wbudowane pompy, filtry i układy chłodzenia pomagają utrzymać odpowiednie ciśnienie, temperaturę i wilgotność wewnątrz skafandra.

System zawiera również akumulatory zasilające elektronikę, urządzenia łączności oraz układy kontrolne i ostrzegawcze. W razie awarii głównego systemu astronauta może skorzystać z awaryjnego zapasu tlenu, który zapewnia ograniczony czas na przerwanie pracy i powrót do śluzy statku.

### bielizna z chłodzeniem cieczowym

Pod zewnętrznymi warstwami skafandra astronauta nosi obcisły kombinezon chłodzący, wyposażony w sieć cienkich rurek, przez które przepływa chłodna woda. Praca w skafandrze jest bardzo wymagająca fizycznie, a bez skutecznego odprowadzania ciepła organizm astronauty mógłby szybko ulec przegrzaniu.

Przepływająca woda odbiera nadmiar ciepła z powierzchni ciała i transportuje go do systemu chłodzenia znajdującego się w plecaku podtrzymywania życia. W niektórych skafandrach ciepło jest następnie odprowadzane dzięki układowi wykorzystującemu sublimację wody w próżni.

Astronauta korzysta również z warstw pochłaniających wilgoć oraz specjalnej bielizny absorpcyjnej, używanej podczas wielogodzinnych spacerów kosmicznych. Rozwiązania te pomagają utrzymać bezpieczną temperaturę ciała i odpowiedni komfort podczas wykonywania pracy.

### hełm, osłona wizjera i łączność

Hełm chroni głowę astronauty przed urazami oraz umożliwia utrzymanie odpowiednich warunków wewnątrz skafandra. Jego wizjer jest wyposażony w osłonę przeciwsłoneczną pokrytą cienką warstwą złota, która ogranicza przenikanie promieniowania podczerwonego i ultrafioletowego oraz zmniejsza intensywność światła słonecznego docierającego do oczu.

Pod hełmem astronauta nosi tak zwaną „czapkę Snoopy'ego", wyposażoną w mikrofony i słuchawki umożliwiające stałą komunikację radiową. Wewnątrz skafandra znajduje się

także rurka umożliwiająca picie wody oraz niewielki element z miękkiego materiału, o który astronauta może potrzeć nos bez używania rąk.

Cały system zapewnia dobrą widoczność, ochronę wzroku oraz stały kontakt głosowy z pozostałymi członkami załogi i centrum kontroli misji.

### rękawice, narzędzia i zabezpieczenia

Rękawice skafandra należą do najtrudniejszych elementów do zaprojektowania, ponieważ muszą skutecznie chronić dłonie, a jednocześnie umożliwiać precyzyjne poruszanie palcami. Są wyposażone w izolację termiczną, a w niektórych konstrukcjach stosuje się również dodatkowe systemy ogrzewania.

Narzędzia używane podczas spaceru kosmicznego mocuje się do skafandra lub stanowiska pracy za pomocą specjalnych linek zabezpieczających i karabińczyków, aby nie odpłynęły w przestrzeń kosmiczną. Astronauta może być także wyposażony w niewielki plecak manewrowy SAFER, który umożliwia samodzielny powrót do stacji w razie przypadkowego odłączenia od jej konstrukcji.

Rozwiązania te zwiększają bezpieczeństwo astronauty oraz umożliwiają skuteczne wykonywanie prac poza statkiem.

Minister Edukacji

Projekt dofinansowany ze środków budżetu państwa, przyznanych przez Ministra Edukacji w ramach programu „Kompas Młodego Obywatela”.