

**Pytania problemowe (odpowiedz na 2 wybrane zagadnienia – w tym jedno wybrane przez siebie zagadnienie z pytań 1-2 oraz rozwiąż jedno z zadań z pytań 3-4):**

1. Ze zdjęć z wysokorozdzielczego teleskopu zwierciadlanego HiRISE wybierz według Ciebie dwa najciekawsze oraz przyporządkuj je do miejsca na Marsie. Następnie opisz zjawiska klimatyczne i geologiczne, jakie mogły zachodzić na tym terenie.

Odp.

Uczestnik powinien wybrać dwa zdjęcia i podać ich numer. Następnie trzeba sprawdzić (na podstawie numeru) czy dobrze przyporządkował je do konkretnego miejsca na Marsie. W zależności od tego jakie zdjęcia wybrał, w pracy powinny znaleźć się opisy form geologicznych, np: wydmy, skarpy, mesy, ostańce erozyjne, stożki wulkaniczne, kanały. Następnie reszta zależy od pomysłowości autora, ale opis powinien opierać się na prawdziwych procesach geologicznych.

2. Jakie rodzaje danych z misji mogą być źródłem informacji o składzie powierzchni Marsa? Wymień pięć instrumentów badawczych oraz przyporządkuj im misje. Jakie jeszcze mamy inne źródła informacji na temat Marsa, poza danymi z misji? Opisz je szerzej.

Przykładowa odp.

- a) dane spektrometryczne,
- b) dane radarowe
- c) dane obrazowe – zdjęcia z kamer

Instrumenty badawcze:

1. **HiRISE** (ang. High Resolution Imaging Science Experiment) – teleskop zwierciadlany (kamera wysokiej rozdzielczości) zamontowany na pokładzie amerykańskiej sondy **Mars Reconnaissance Orbiter (MRO)**. HiRISE prowadzi obserwacje w świetle widzialnym i w podczerwieni. Misja MRO wystartowała 12 sierpnia 2005. Celem misji MRO jest poszukiwanie podziemnych złóż wody, badanie aktualnego klimatu Marsa, wytypowanie miejsc do lądowania przyszłych wypraw automatycznych i załogowych. Dane z sondy mogą także pomóc przy rekonstrukcji historycznych modeli klimatycznych Marsa.
2. **Mars Orbiter Camera (MOC)** została zamontowana na pokładzie amerykańskiej sondy **Mars Global Surveyor (MGS)**. Operowała na orbicie Marsa w od września 1997 do listopada 2006 r. Składa się w sumie z trzech różnych kamer: a) Kamery z wąskokątnym obiektywem o rozdzielczości od 1,5 do 12 m na piksel) która robi zdjęcia czarno-białe, b) kamery z szerokokątnym obiektywem, obsługującej czerwone spektrum światła widzialnego oraz c) kamery z obiektywem szerokokątnym obsługującej niebieskie spektrum światła widzialnego
3. **APXS** (ang. **AlphaParticle X-raySpectrometer**) – spektrometr rentgenowski przeznaczony do badania gleby na powierzchni Marsa oraz określania składu pierwiastkowego skał. APXS były instalowane na mechanicznych wysięgnikach

łazików marsjańskich. Wziął udział w misjach Mars Pathfinder, Mars Exploration Rover (Spirit i Opportunity), Mars Science Laboratory (MSL).

4. **THEMIS (ThermalEmissionImaging System)** – składa się ze spektrometru obrazującego termiczną podczerwień i z kamery o wysokiej rozdzielczości. Przyrząd ma za zadanie mapować mineralogię i morfologię powierzchni Marsa. Zamontowana na pokładzie sondy Mars Odyssey 2001 Orbiter (start 7 kwietnia 2001), misja 2001 Mars Odyssey
5. **Planetary Fourier Spectrometer (PFS)** – przeznaczony do otrzymywania charakterystyk widmowych powierzchni i atmosfery Marsa w podczerwieni. Misja Mars Express należąca do ESA. Analiza danych dostarczonych przez ten instrument umożliwi dokładniejsze poznanie składu chemicznego badanych obszarów i pozwala rozwiązać zagadkę obecności ciekłej wody na Marsie we wczesnym okresie jego historii.

Inne źródła informacji poza danymi z misji:

- a) badania za pomocą radioteleskopów
- b) badanie za pomocą teleskopów optycznych
- c) badanie składu meteorytów marsjańskich znalezionych na Ziemi

Uczestnicy konkursu powinni opisać szerzej powyższe źródła informacji poza danymi z misji.

3. Załóżmy, że w atmosferze Marsa znajduje się sonda z lądownikiem, która z wykorzystaniem spadochronu, wyhamowała i porusza się ruchem jednostajnie prostoliniowym w dół. Przyjmując, że siła oporu działająca na tę sondę dana jest wzorem:

$$F = C \frac{\rho v^2}{2} A,$$

gdzie  $C$  to współczynnik siły oporu,  $v$  - prędkość obiektu,  $\rho$  - gęstość atmosfery oraz  $A$  - powierzchnia skuteczna sondy, a także że działa na nią jeszcze tylko siła grawitacji Marsa, znajdź prędkość z jaką porusza się sonda, zakładając, że w przypadku Marsa mamy:  $g=3.71\text{m/s}^2$  (przyspieszenie grawitacyjne ciał swobodnie spadających na powierzchnię Marsa) oraz  $\rho = 0.02\text{kg/m}^3$ . Przyjmij, że  $C=1$ ,  $A=20\text{m}^2$  oraz załóż, że masa sondy wynosi 250kg.

Z jaką prędkością poruszałby się ten obiekt w atmosferze Ziemi ( $g=9.81\text{m/s}^2$ ,  $\rho=1.225\text{kg/m}^3$ )? Jaką powierzchnię  $A$  musiałaby mieć sonda w atmosferze Marsa, aby poruszać się z taką samą prędkością, jak w atmosferze Ziemi?

### Rozwiązanie

Ponieważ sonda porusza się ruchem jednostajnym po linii prostej, a jedyne siły na nią działające to siła grawitacji oraz siła oporu, wynika z tego, że siły te się równoważą. Oznacza to, że:

$$C \frac{\rho v^2}{2} A = mg \quad (1)$$

Gdzie  $m$  to masa sondy a  $g$  przyspieszenie grawitacyjne ciał swobodnie spadających na powierzchnię planety. Z powyższej równości mamy zatem następujące wyrażenie na prędkość sondy:

$$v = \sqrt{\frac{2mg}{AC\rho}}$$

Po podstawieniu danych liczbowych uzyskujemy dla sondy spadającej w atmosferze Marsa  $v=68.1$  m/s, natomiast w atmosferze Ziemi  $v=14.2$ m/s.

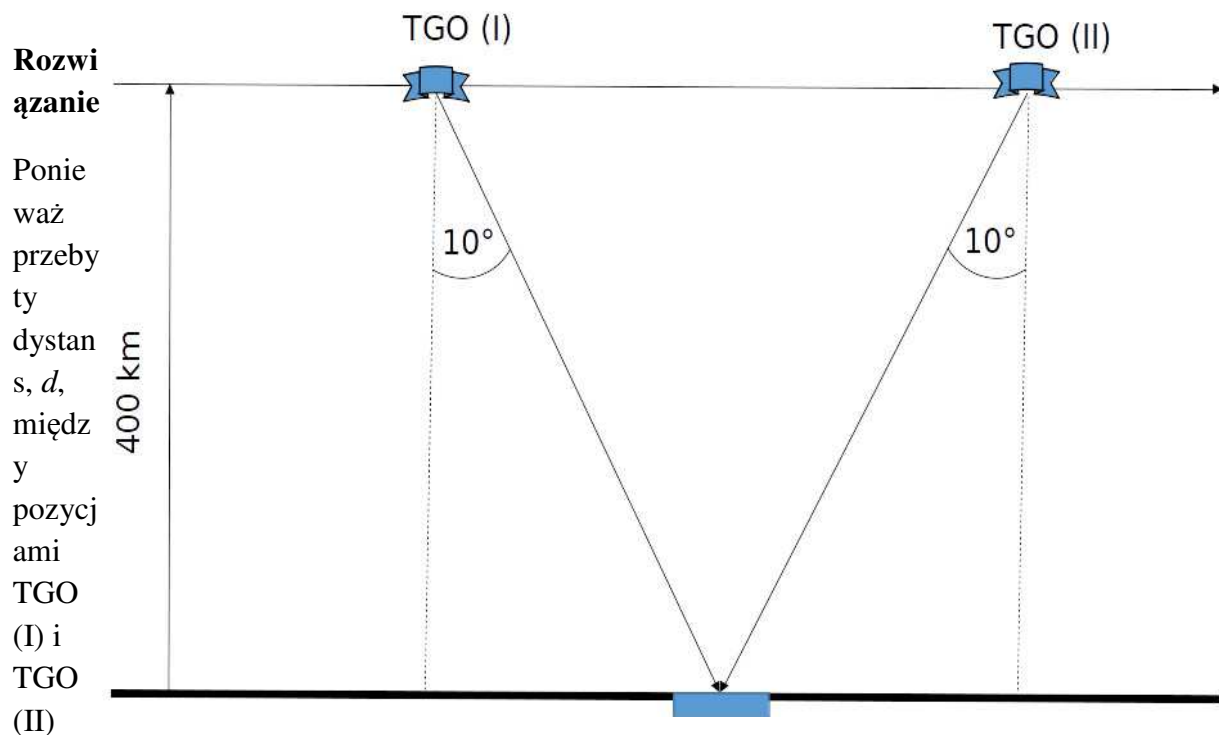
Ze wzoru (1) wynika następujące wyrażenie na powierzchnię skuteczną sondy:

$$A = \frac{2mg}{Cv^2\rho}$$

Przyjmując jako  $\rho$  i  $g$  parametry dla Marsa, natomiast  $v$  jak dla Ziemi, uzyskujemy, że powierzchnia sonda powinna wynosić ok.  $463$  m<sup>2</sup> aby sonda poruszała się z prędkością  $14.2$  m/s w atmosferze Marsa.

4. ExoMars 2016 to wspólna misja Europejskiej (ESA) oraz Rosyjskiej (Roskosmos) agencji kosmicznej. Jednym z jej celów jest poszukiwanie gazów śladowych w atmosferze Marsa takich jak np. metan, który może świadczyć o istnieniu obecnie lub w przeszłości życia na tej planecie. Służyć ma do tego orbiter TGO zawierający na swoim pokładzie instrument CaSSIS (którego niektóre elementy zostały zaprojektowane i przetestowane w Centrum Badań Kosmicznych PAN) wykonujący zdjęcia powierzchni Marsa. Zdjęcia mogą być również trójwymiarowe. Aby to zrobić, kamera wykonuje zdjęcie danego obszaru na powierzchni Marsa, pod kątem  $10^\circ$  liczonym od pionu znajdując się w pozycji (I), następnie w wyniku ruchu na orbicie wykonuje zdjęcie tego samego obszaru z pozycji (II) (patrz rysunek). Aby wykonać drugie zdjęcie musi się obrócić o  $180^\circ$ .

Zakładając, że orbiter TGO porusza się na orbicie kołowej wokół Marsa na wysokości  $400$  km od jego powierzchni, oblicz w jakim czasie kamera powinna móc zdołać się obrócić o  $180^\circ$  aby wykonać zdjęcie tego samego obszaru jak w pozycji (I) będą w pozycji (II). Przyjmij, że promień Marsa wynosi  $3396$  km, a jego masa  $6,4185 \times 10^{23}$  kg.



jest dużo mniejszy niż średnica Marsa, można założyć że sonda poruszała się na tym odcinku w przybliżeniu po linii prostej. Z powyższego rysunku wynika, że dystans ten wynosi:

$$d = 2h \tan 10^\circ$$

Gdzie  $h=400$  km jest wysokością sondy nad powierzchnią Marsa. Znając prędkość sondy znajdujemy czas potrzebny na przebycie odległości  $d$  wg wzoru  $t=d/v$ . Ponieważ sonda porusza się po orbicie kołowej, jej prędkość orbitalna wynosi (dlaczego?)

$$v = \sqrt{\frac{Gm}{r+h}}$$

Gdzie  $G$  to stała grawitacji,  $m$  – masa Marsa,  $r$  - jego promień. Po podstawieniu danych liczbowych uzyskujemy  $t=42$  s. Oznacza to, że kamera powinna obrócić się w czasie krótszym niż 42 sekundy.

### Uwaga

Oczywiście można nie zakładać, że między pozycjami TGO (I) i TGO (II) sonda poruszała się w przybliżeniu po linii prostej. Prowadzi to do trochę bardziej skomplikowanych obliczeń, ale wynik powinien być bliski uzyskanemu powyżej.