

Esercizio 1

Calcolo del volume di sabbia marziana raccolta da Perseverance

Il rover Perseverance è progettato per raccogliere campioni di roccia che alla fine verranno portati sulla Terra per ulteriori studi. Questa sarebbe la prima volta che riportiamo a terra campioni da Marte! Dopo che gli scienziati hanno identificato una roccia interessante, che vorrebbero che il rover raccogliesse,



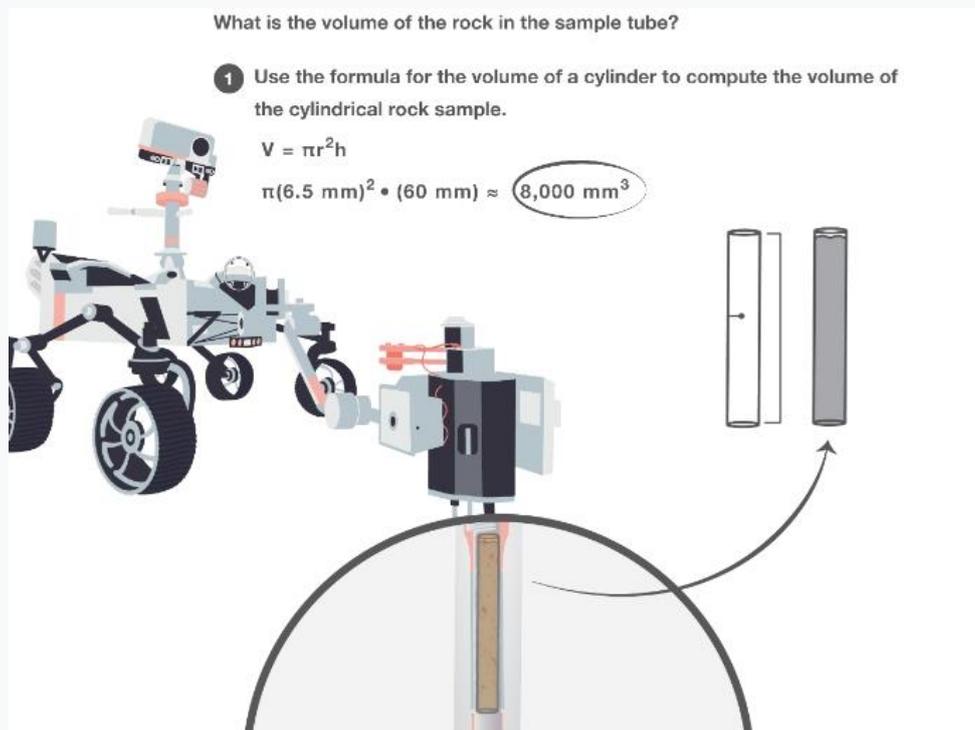
Perseverance utilizzando una speciale punta di carotaggio perfora un cilindro di roccia di **13 mm** di diametro. Mentre il rover perfora, la polvere di roccia si sposta in uno dei **38 tubi** disponibili che conserveranno il campione sigillato, fino a quando non verrà aperto un giorno in un laboratorio sulla Terra.

Se la punta di carotaggio raccoglie un cilindro di roccia lungo 60 mm, qual è il volume della roccia nel tubo campione?

What is the volume of the rock in the sample tube?

- Use the formula for the volume of a cylinder to compute the volume of the cylindrical rock sample.

$$V = \pi r^2 h$$

$$\pi (6.5 \text{ mm})^2 \cdot (60 \text{ mm}) \approx 8,000 \text{ mm}^3$$


Esercizio 2

Calcolo della potenza di JWST rispetto a HST

Il James Webb Space Telescope (JWST) è stato progettato per osservare le prime galassie nate nell'universo. Per catturare la luce da questi oggetti distanti e deboli, il telescopio deve essere molto sensibile. Webb utilizza **18 specchi esagonali** che si combinano per formare un grande specchio primario con una superficie di **26,4 m²**. Questo grande specchio consente al telescopio di raccogliere luce infrarossa incredibilmente debole e rifletterla sui quattro strumenti scientifici disponibili, come il Mid-Infrared Instrument, o MIRI. Questo strumento scientifico può rivelare le stelle nascoste all'interno di nubi di gas e polvere e indicare agli scienziati i materiali che compongono le galassie lontane.

Lanciato nel 1990, il telescopio spaziale Hubble ha cambiato la nostra comprensione dell'universo da quando ha iniziato a funzionare, utilizzando uno specchio primario che aveva un diametro di **2,4 metri**.

Quanto è più grande l'area dello specchio primario di Webb rispetto a quella di Hubble?

How much bigger is the surface of Webb's primary mirror than Hubble's?



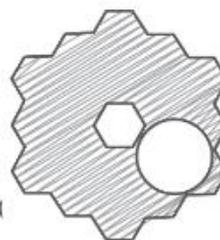
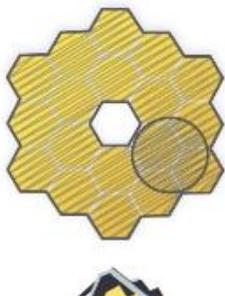
- 1 Use the formula for area of a circle to compute the area of Hubble's primary mirror.

$$A = \pi r^2$$

$$\pi(1.2 \text{ m})^2 \approx 4.5 \text{ m}^2$$

- 2 Subtract the area of Hubble's primary mirror from the area of Webb's primary mirror.

$$26.4 \text{ m}^2 - 4.5 \text{ m}^2 = 21.9 \text{ m}^2$$



Circa 5,9 volte lo specchio di HST



Esercizio 3

Ci sono metalli sull'asteroide Psyche?

L'asteroide (16) Psyche è di particolare interesse per gli scienziati perché le osservazioni da terra indicano che la superficie potrebbe essere metallica. La Terra e altri pianeti terrestri hanno nuclei metallici, ma sono sepolti in profondità all'interno dei pianeti, quindi sono difficili da studiare. Se Psyche è costituita da una grande quantità di metallo, potrebbe assomigliare a un nucleo planetario da cui potremmo apprendere la formazione del nucleo del pianeta terrestre. Determinare la quantità di metallo presente sull'asteroide è uno degli obiettivi della missione Psyche della NASA, che utilizza strumenti specializzati per studiare la composizione dell'asteroide dall'orbita.

Psyche ha una forma ellissoidale approssimativamente triassiale con assi di circa **290 km, 245 km e 170 km**. La sua massa, stimata dai suoi effetti gravitazionali su corpi vicini come Marte, è di circa **$2,7 \times 10^{19}$ kg**. Usa la formula per il volume, $V = \frac{4}{3} \pi abc$, dove a, b e c sono le **lunghezze dei semiassi**, per calcolare la densità approssimativa di Psyche.

Sulla base della densità media dei materiali terrestri (elencati di seguito), la densità di Psyche conferma le osservazioni che indicano la presenza di metallo?

Densità media di:

ghiaccio: 917 kg/m³

acqua: 997 kg/m³

roccia: 1.600 - 3.500 kg/m³

metallo: 534 - 22.590 kg/m³

Compute the approximate density of asteroid (16) Psyche.

- 1 Use the formula for volume of a triaxial ellipsoid to compute the volume of Psyche.

$$V = \frac{4}{3} \pi abc$$

$$V = \frac{4}{3} \pi (145 \text{ km}) \cdot (122.5 \text{ km}) \cdot (85 \text{ km}) \approx 6,300,000 \text{ km}^3$$

- 2 Use the formula for density to compute the approximate density of Psyche.

$$D = m/V$$

$$D = (2.7 \cdot 10^{19} \text{ kg}) / (6.3 \cdot 10^6 \text{ km}^3) \approx 4.3 \cdot 10^{12} \text{ kg/km}^3$$

Does the density of Psyche support the observations indicating the presence of metal?

- 1 Convert the units to match the density units given.

$$4.3 \cdot 10^{12} \text{ kg/km}^3 \cdot (1 \text{ km}^3 / 10^9 \text{ m}^3) = 4.3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$= 4,300 \text{ kg/m}^3$$

This is higher density than rock, so Psyche must contain some metal.

Esercizio 4

Come sarà questa eclisse di Sole?

Un'eclissi solare si verifica quando la Luna passa tra la Terra e il Sole, bloccando completamente o parzialmente la luce del Sole dalla nostra prospettiva. Poiché l'orbita della Terra attorno al Sole e l'orbita della Luna attorno alla Terra non sono cerchi perfetti, le distanze tra loro cambiano durante il loro moto. Durante un'eclissi totale, le distanze sono tali che la Luna copre tutta l'area del disco solare. Quando la Luna è più lontana dalla Terra durante un'eclissi, lascia un anello luminoso di luce solare che brilla intorno alla Luna, provocando un'eclissi anulare.

Il 14 ottobre 2023, un'eclissi solare sarà visibile in Nord e Sud America. Il **Sole**, con un raggio di **695.700 km**, sarà a **148.523.036 km** dalla Terra. La **Luna**, con un raggio di **1.737 km**, si troverà a **388.901 km** dalla Terra.

Quale percentuale dell'area del disco del Sole sarà oscurata dalla Luna?

L'eclissi sarà un'eclissi anulare o un'eclissi totale?

What percentage of the Sun's disk area will be obscured by the Moon?

- 1 Use similar triangles to find the radius of the Sun's disk area that is obscured by the Moon.

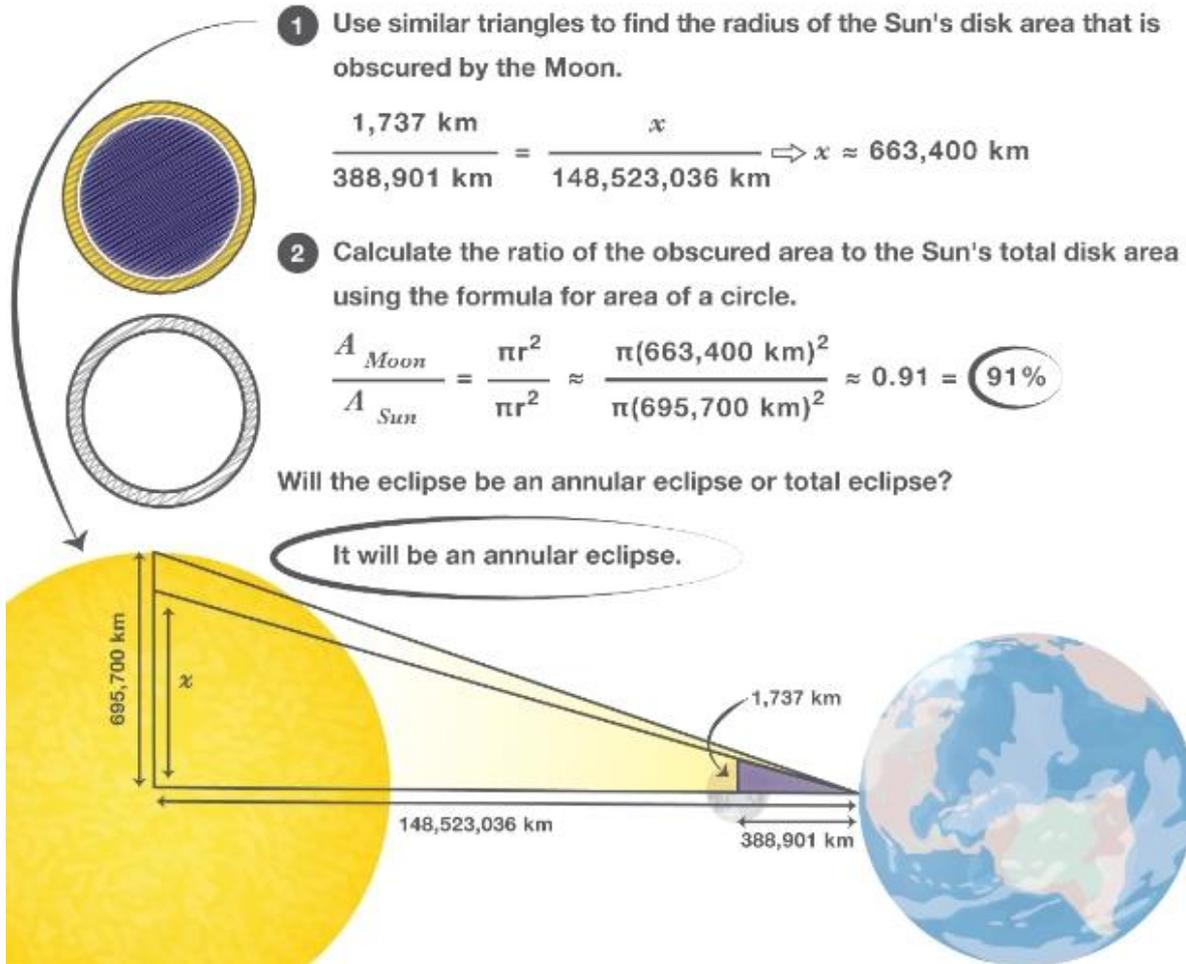
$$\frac{1,737 \text{ km}}{388,901 \text{ km}} = \frac{x}{148,523,036 \text{ km}} \Rightarrow x \approx 663,400 \text{ km}$$

- 2 Calculate the ratio of the obscured area to the Sun's total disk area using the formula for area of a circle.

$$\frac{A_{Moon}}{A_{Sun}} = \frac{\pi r^2}{\pi R^2} \approx \frac{\pi(663,400 \text{ km})^2}{\pi(695,700 \text{ km})^2} \approx 0.91 = \text{91\%}$$

Will the eclipse be an annular eclipse or total eclipse?

It will be an annular eclipse.



Esercizio 5

La missione Lunar Flashlight

La missione Lunar Flashlight della NASA osserverà e mapperà la posizione del gelo all'interno di crateri permanentemente in ombra nella regione polare meridionale della Luna. Sapere quanto ghiaccio c'è in questi crateri e dove trovarlo può aiutarci a preparare missioni prolungate sulla Luna, quando l'acqua sarà una risorsa preziosa.

Il veicolo spaziale, un **cubesat** delle dimensioni di uno zaino, raccoglierà dati durante **10 orbite** per un periodo di **due mesi**, effettuando misurazioni ripetute su più punti per mappare il ghiaccio in questi crateri scuri. Per effettuare le misurazioni, Lunar Flashlight invierà impulsi laser a infrarossi sulla superficie della Luna e misurerà il segnale che viene riflesso. La quantità di luce riflessa aiuterà gli scienziati a determinare dove la superficie lunare è asciutta e dove contiene ghiaccio d'acqua.

A **20 km di altitudine**, i laser a infrarossi del veicolo spaziale hanno un **raggio di 17,5 metri** quando raggiungono la superficie della Luna.

Quanta area coprono in un singolo impulso?

Lunar Logic

How much area does one of Lunar Flashlight's lasers cover in a single pulse?

1. Use the formula for area of a circle to calculate the area covered by a laser pulse.

$$A = \pi r^2$$

$$A = \pi (17.5\text{m})^2$$

$$A = \pi (306.25 \text{ m}^2)$$

$$A \approx \text{962 m}^2$$

Esecizio 6

Il nucleo di Marte

Il lander InSight Mars è dotato di diversi strumenti per aiutare gli scienziati a conoscere meglio l'interno del Pianeta Rosso, incluso un **sismometro** che rileva i terremoti. Misurando le vibrazioni che viaggiano attraverso la superficie di Marte e attraverso i suoi strati interni, gli scienziati sono stati in grado di misurare con precisione la dimensione del **nucleo liquido** di Marte e stimarne la densità. Conoscere le dimensioni e la densità del nucleo di Marte ci aiuterà a saperne di più su come si è formato il pianeta, come si è sviluppato il suo campo magnetico e quali materiali compongono il nucleo, il che alla fine porterà a una migliore comprensione di come si formano la Terra e gli altri pianeti.

Se il nucleo di Marte ha una massa di $1,54 \times 10^{23}$ kg e un raggio di 1.830 km, misurato da InSight, qual è la densità del nucleo?

Come si confronta con la densità del nucleo terrestre, che varia da 10 a 13 g/cm³?

1. Convert km to cm.
 $1,830 \text{ km} \cdot (100,000 \text{ cm} / 1 \text{ km}) = 183,000,000 \text{ cm} = 1.83 \cdot 10^8 \text{ cm}$
2. Calculate the volume of Mars' core.
 $V = \frac{4}{3}\pi r^3$
 $V = \frac{4}{3}\pi (1.83 \cdot 10^8 \text{ cm})^3$
 $V \approx \frac{4}{3}\pi (6.13 \cdot 10^{24} \text{ cm}^3)$
 $V \approx 2.57 \cdot 10^{25} \text{ cm}^3$
3. Convert kg to g.
 $(1.54 \cdot 10^{23} \text{ kg}) \cdot (1,000 \text{ g} / 1 \text{ kg}) = 1.54 \cdot 10^{26} \text{ g}$
4. Divide the mass of Mars' core by its volume.
 $(1.54 \cdot 10^{26} \text{ g}) / (2.57 \cdot 10^{25} \text{ cm}^3) \approx 5.99 \text{ g/cm}^3$

How does that compare to the density of Earth's core?
 Mars' core is less dense.

What does that tell us about the makeup of Mars' core?
 Mars' core is made of less dense material than Earth's core.



Associazione Friulana di Astronomia e Meteorologia

Associazione di Promozione Sociale

Piazza G.Miani 2 - 33047 Remanzacco (UD) – ITALY - c.f.: 80024500300

Lat. N.46° 05' 11.26" - Long. E. 13° 18' 59.85" - Stazione Astronomica MPC 473

Sito web: www.afamweb.com

Contatti: afam.star@gmail.com - afam.edu@gmail.com

Esercizio 7

La missione TESS

La missione TESS della NASA è progettata per esaminare l'intero cielo alla ricerca di **esopianeti** o pianeti in orbita attorno a stelle diverse dal nostro Sole. Nella sua missione primaria di due anni, TESS ha identificato più di **2.600 possibili esopianeti** e il conteggio prosegue.

Per localizzare gli esopianeti, il telescopio spaziale vola in un'orbita ellittica altamente eccentrica, che non era mai stata tentata prima. Questa orbita, chiamata **P/2**, riduce al minimo la quantità di tempo in cui la luce e il calore della Terra e della Luna possono interferire con la raccolta dei dati. E consente ancora alla navicella spaziale di effettuare passaggi ravvicinati sulla Terra per trasmettere i dati sulle sue scoperte agli scienziati. L'orbita di **13,7 giorni** della sonda ha un asse di **376.000 km all'apogeo** e un asse di **108.400 km al perigeo**. Ogni **downlink** da TESS richiede circa **tre ore** per essere completato.

Mentre TESS si muove effettivamente a velocità diverse lungo tutta la sua orbita - da 0,5 km/s all'apogeo a 4 km/s al perigeo - se la sua velocità rimanesse uniforme, quanti chilometri TESS avrebbe bisogno di percorrere per trasmettere con successo i suoi dati?

1. Plug in the values for the semi-major axis (apogee axis/2) and the semi-minor axis (perigee axis/2) into the equation for the perimeter of an ellipse to find the total distance TESS travels throughout its orbit.
$$P \approx \pi [3(a + b) - \sqrt{(3a + b)(a + 3b)}]$$
$$P \approx \pi [3(188,000 \text{ km} + 54,200 \text{ km}) - \sqrt{((3 \cdot 188,000 \text{ km}) + 54,200 \text{ km}) \cdot (188,000 \text{ km} + (3 \cdot 54,200 \text{ km}))}]$$
$$P \approx 820,100 \text{ km}$$
2. Divide the downlink time by the time it takes TESS to complete its orbit to find the percentage of the orbit spent sending data back to Earth.
$$3 \text{ hours} / (13.7 \text{ days} \cdot 24 \text{ hours}) \approx 0.9\% \text{ of perimeter}$$
3. Multiply the percent of time transmitting by the total perimeter to get the distance covered in this time:
$$0.009 \cdot 820,100 \text{ km} \approx \mathbf{7,380 \text{ km}}$$

Note: There are many ways to solve this problem. One way is to use the Ramanujan approximation as shown above. However, calculus can also be used.



Associazione Friulana di Astronomia e Meteorologia

Associazione di Promozione Sociale

Piazza G.Miani 2 - 33047 Remanzacco (UD) – ITALY - c.f.: 80024500300
Lat. N.46° 05' 11.26" - Long. E. 13° 18' 59.85" - Stazione Astronomica MPC 473

Sito web: www.afamweb.com

Contatti: afam.star@gmail.com - afam.edu@gmail.com

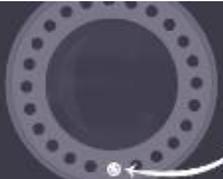
Esercizio 8

Raccolta campioni dall'asteroide Bennu

La missione OSIRIS-REx della NASA è stata progettata per viaggiare verso un asteroide chiamato **Bennu** e riportare un piccolo campione sulla Terra per ulteriori studi. Per raggiungere la sua missione, il veicolo spaziale doveva entrare in contatto con **26 cm²** della superficie dell'asteroide Bennu e raccogliere particelle di dimensioni millimetriche utilizzando i suoi "campionatori a contatto". Questi sono anelli circolari di **1,5 centimetri di diametro** in acciaio inossidabile simile al velcro. Ci sono **24 pad** sul meccanismo progettati per raccogliere i campioni.

Quanti anelli sono necessari per entrare in contatto con la superficie di Bennu per soddisfare i requisiti della missione?

Se tutte le **24 piazzole** entrassero in contatto con Bennu, quanta superficie dell'asteroide campionerebbero le piazzole di contatto?



1. Compute the area of each sample pad.
 $A = \pi r^2$
 $\pi(0.75 \text{ cm})^2 \approx 1.8 \text{ cm}^2$
2. Divide the mission requirement for contact with Bennu's surface by the area of the sample pad.
 $26 \text{ cm}^2 \div (1.8 \text{ cm}^2/\text{pad}) \approx 15 \text{ pads}$

If all 24 pads contacted Bennu, how much asteroid surface area would the contact pads sample?

1. Multiply the number of pads by the surface area contacted by one pad.
 $24 \text{ pads} \cdot (1.8 \text{ cm}^2/\text{pad}) \approx 43 \text{ cm}^2$

Esercizio 9

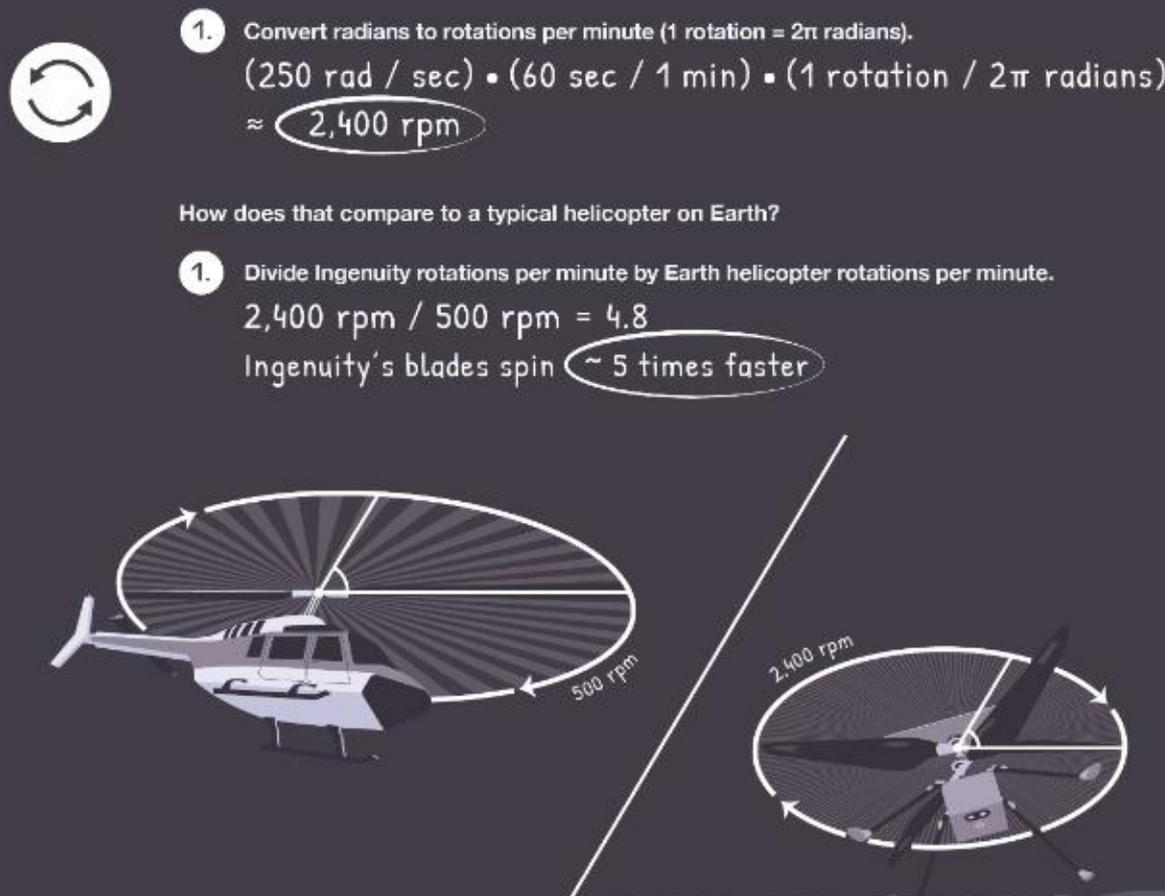
Come funziona Ingenuity?

Unito al rover **Perseverance** su Marte c'è un piccolo elicottero chiamato **Ingenuity**. Con due pale controrotanti che si estendono su **1,2 metri**, Ingenuity è un test di nuova tecnologia ed è progettato per realizzare il primo volo a motore su un altro mondo.

Marte ha meno gravità della Terra e l'atmosfera sul Pianeta Rosso è molto più sottile di quanto non sia qui sul nostro pianeta natale. Questo rende difficile sollevarsi da terra su Marte. Per generare una portanza sufficiente per Ingenuity, gli ingegneri hanno determinato che le pale dell'elicottero devono ruotare a circa **250 radianti al secondo** su Marte.

Quanto velocemente, in rotazioni al minuto, girano le lame di Ingenuity?

Come si confronta con un tipico elicottero sulla Terra con pale che ruotano a 500 rotazioni al minuto?



1. Convert radians to rotations per minute (1 rotation = 2π radians).

$$(250 \text{ rad / sec}) \cdot (60 \text{ sec / 1 min}) \cdot (1 \text{ rotation / } 2\pi \text{ radians})$$

$$\approx 2,400 \text{ rpm}$$

How does that compare to a typical helicopter on Earth?

1. Divide Ingenuity rotations per minute by Earth helicopter rotations per minute.

$$2,400 \text{ rpm} / 500 \text{ rpm} = 4.8$$

Ingenuity's blades spin **~ 5 times faster**



Associazione Friulana di Astronomia e Meteorologia

Associazione di Promozione Sociale

Piazza G.Miani 2 - 33047 Remanzacco (UD) – ITALY - c.f.: 80024500300

Lat. N.46° 05' 11.26" - Long. E. 13° 18' 59.85" - Stazione Astronomica MPC 473

Sito web: www.afamweb.com

Contatti: afam.star@gmail.com - afam.edu@gmail.com

Esercizio 10

I segnali da Voyager

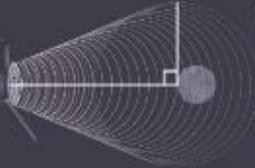
Poiché sempre più dati vengono raccolti e trasmessi attraverso lo spazio, la NASA ha bisogno di nuove tecnologie per comunicare in modo più rapido ed efficiente con il suo veicolo spaziale. Una di queste tecnologie è chiamata **Deep Space Optical Communications**, o DSOC, che utilizza la luce nel vicino infrarosso invece delle onde radio per trasmettere un segnale. Questo ci consente di utilizzare una frequenza più alta (lunghezza d'onda più corta), quindi è possibile trasmettere più dati al secondo. La navicella **Voyager lanciata nel 1977** utilizza un trasmettitore da **12,5 Watt** accoppiato con un riflettore parabolico che crea un segnale radio circolare con un diametro di circa **0,5 gradi** di larghezza. Un sistema DSOC utilizzerebbe un trasmettitore da **4 Watt** su un ricetrasmittitore laser di volo, producendo un segnale luminoso con un diametro **di soli 0,0009 gradi**.

Se la Voyager e un veicolo spaziale dotato di DSOC fossero entrambi posizionati a 124 UA dalla Terra (1 UA = 150.000.000 km), quale frazione di ciascun wattaggio originale verrebbe ricevuto da un'antenna di 70 m sulla Terra?

Di quale fattore DSOC è più efficace?

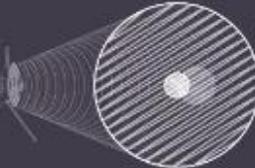


1. Convert astronomical units to meters.
 $124 \text{ AU} \cdot (150,000,000 \text{ km} / 1 \text{ AU}) \cdot (1,000 \text{ m} / 1 \text{ km}) = 1.86 \cdot 10^{13} \text{ m}$



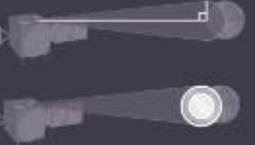
2. Find the beam radius at Earth using tangent and the distance between Earth and Voyager.
 $\tan 0.25^\circ \approx x / (1.86 \cdot 10^{13} \text{ m}) \rightarrow 8.12 \cdot 10^{10} \text{ m}$

3. Find the ratio of the antenna area (radius of 35 m) to the signal area.
 $\pi(35 \text{ m})^2 / \pi(8.12 \cdot 10^{10} \text{ m})^2 \approx 1.9 \cdot 10^{-19}$



4. Find the ratio of received signal versus the sent signal.
 $1.9 \cdot 10^{-19} \cdot 12.5 \text{ W} \approx 2.3 \cdot 10^{-18} \text{ W or } 1.8 \cdot 10^{-20} \%$

What fraction of the signal from a DSOC-equipped spacecraft is received?



1. Follow the same process as above with the values for the DSOC-equipped spacecraft.
 $24 \text{ AU} \cdot (150,000,000 \text{ km} / 1 \text{ AU}) \cdot (1,000 \text{ m} / 1 \text{ km}) \approx 1.86 \cdot 10^{13} \text{ m}$
 $\tan 0.00045^\circ \approx x / (1.86 \cdot 10^{13} \text{ m}) \rightarrow 1.46 \cdot 10^8 \text{ m}$
 $\pi(35 \text{ m})^2 / \pi(1.46 \cdot 10^8 \text{ m})^2 \approx 5.7 \cdot 10^{-14}$
 $5.7 \cdot 10^{-14} \cdot 4 \text{ W} \approx 2.3 \cdot 10^{-13} \text{ W or } 5.8 \cdot 10^{-14} \%$

By what factor is DSOC more effective?



1. Divide the received wattage of the DSOC spacecraft's signal by that of Voyager's.
 $2.3 \cdot 10^{-13} / 2.3 \cdot 10^{-18} = 10^5 \text{ or } 100,000 \text{ times more effective}$