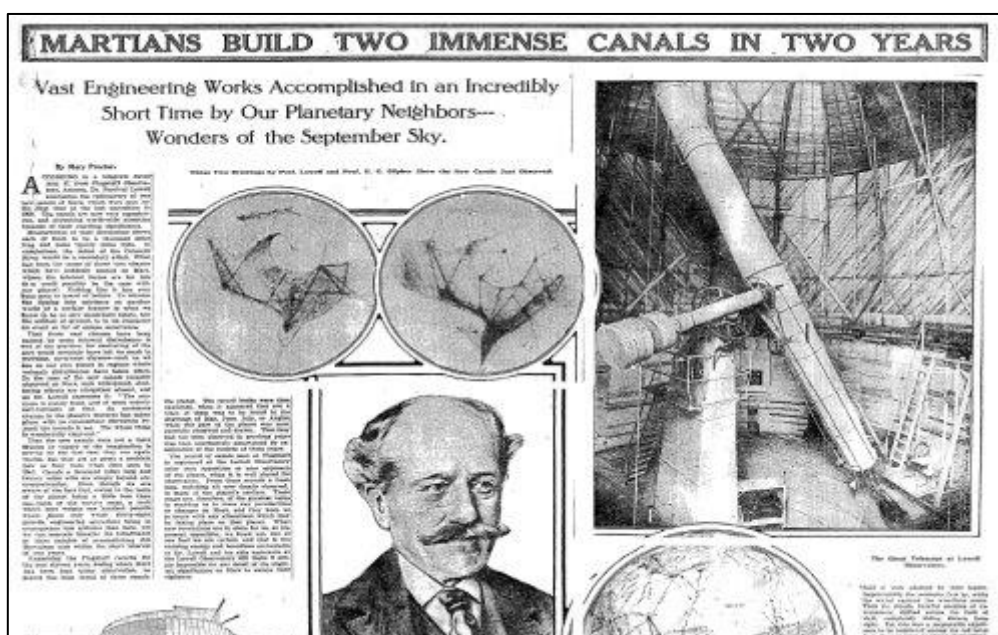


МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНА КОМИСИЯ ЗА ОРГАНИЗИРАНЕ НА ОЛИМПИАДАТА ПО АСТРОНОМИЯ
XXVIII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

Национален кръг на олимпиадата по астрономия
Димитровград, 10 май 2025 г.
Възрастова група IX-X клас, първи тур

Задача 1. Марсианските канали. Пърсивал Лоуел е бил американски бизнесмен, математик и астроном, вдъхновен от идеята за съществуването на т.нар. марсиански канали. Сега е известно, че те са зрителна илюзия, но по онова време той и доста негови съвременници сериозно са ги смятали за реално творение на разумна цивилизация. На 27 август 1911 г. американското списание New York Times Sunday Magazine публикува статия за наблюденията на Пърсивал Лоуел, които според него свидетелстват за невероятните строителни умения на марсианците (Фигура 1). Статията е озаглавена „Марсианците изграждат два огромни канала за две години“.



Фигура 1. Статия за марсианските канали.

Ето цитат от нея: „Канали с дължина хиляда мили и ширина двадесет мили са просто отвъд нашето въображение. Въпреки че сме наясно с факта, че скален отломък, който тук тежи сто паунда, там би тежал само паунда, като в резултат на това инженерните операции там са по-малко трудни, отколкото тук, все пак едва ли можем да си представим как жителите на Марс могат да са способни да изпълнят тази херкулесова задача в рамките на краткия интервал от две години.“

- **А)** Пресметнете числото, което е пропуснато и заменено в горния текст с многоточие. Колко паунда би тежал скалният отломък на Марс? [3 т.]
- **Б)** Телескоп с какво увеличение би бил нужен на Пърсивал Лоуел, за да различи новопостроените марсиански канали при най-благоприятни условия за наблюдение на планетата? Разделителната способност на човешкото око е около 2 дъгови минути. Една миля се равнява на 1,609 километра. [4 т.]
- **В)** В действителност Лоуел е наблюдавал с телескоп с диаметър на обектива 61 сантиметра в основаната от него обсерватория във Флагстаф, щата Аризона.

Дори да се използва окуляр, който теоретично да дава произволно голямо увеличение, дифракцията на светлината, преминаваща през обектива, поставя ограничение на разделителната способност на телескопа. В резултат на дифракцията минималният ъглов размер на обектите, които могат да бъдат различени с него при наблюдение във видима светлина, може да се пресметне в дъгови секунди чрез формулата $\delta = \frac{14}{D}$, където D е диаметърът на обектива на телескопа в сантиметри. Каква е минималната ширина на марсианските канали, при която те биха могли наистина да се различат с телескопа на Пърсивал Лоуел чрез подходящо увеличение при най-благоприятни условия за наблюдение на Марс? [3 т.]

- Г) Какъв друг фактор реално влошава разделителната способност на телескопите при наблюдение от земната повърхност? [2 т.]

Задача 2. Затъмнения на Юпитер. Галилеевите спътници обикалят около Юпитер по кръгови орбити в същата посока, в която Юпитер се върти около оста си. Орбитите лежат точно в равнината на екватора на планетата. В справочните данни имате информация за Юпитер и спътника Ганимед.

- А) Какъв вид слънчево затъмнение от Ганимед можем да наблюдаваме от екватора на Юпитер – пълно или пръстеновидно? [3 т.]
- Б) Колко време продължава максималната му фаза, ако затъмнението е централно и Слънцето е в зенита? В случай, че е пълно, това е времето, в което Слънцето е изцяло закрито, а ако е пръстеновидно, това е времето, през което дискът на Ганимед е изцяло в диска на Слънцето. [6,5 т.]
- В) Какъв би бил отговорът, ако Юпитер правеше пълно завъртане около оста си за двойно по-дълго време? [3,5 т.]

Задача 3. Луната и кометата. На 30 септември 2024 година бразилският фотограф Габриел Запароли прави впечатляваща снимка на кометата C/2023 A3 (Tsuchinshan–ATLAS) от място, намиращо се недалеч от бразилския град Прайя Гранде, Санта Катарина. Заедно с кометата, която той заснема сутрин преди изгрева на Слънцето, в кадъра попада и изгряващата над водите на Атлантическия океан Луна. Луната е много тънък сърп и за да изглежда снимката по-впечатляваща, той я подменя с нейното изображение, което е заснел два дни по рано, на 28 септември. На Фигура 2 е дадена част от снимката на фотографа, а на Фигура 3 е показано увеличеното 6 пъти изображение на Луната. За да се отдели по-ясно дискът на Луната от фона, той е очертан с бяла линия.

Виждаме, че изображението на Луната е деформирано от рефракцията на светлината. Астрономическата рефракция е пречупване на светлината в атмосферата на Земята, поради което обектите се виждат повдигнати нагоре относно хоризонта. Рефракцията е толкова по-силна, колкото по близо до хоризонта е обектът, който наблюдаваме. На хоризонта типичната стойност на рефракцията е 36' (36 дъгови минути), т.е. обект, който реално се намира на математическия хоризонт, ще се наблюдава на височина 36' над хоризонта. Под хоризонта стойността на рефракцията вече може да надхвърля 40'.

На 28 септември 2024 г. Луната се е намирала на 399285 километра от центъра на Земята.

- А) Начертайте правилното положение и форма на видимия диск на Луната, ако нямаше атмосферна рефракция. [3,5 т.]

- **Б)** Определете стойностите на рефракцията за горния и долния край на Луната. [1,5 т.]
- **В)** Поради влошаване на качеството на изображението от атмосферата ниско над хоризонта, краищата на рогата на сърпа на Луната не са добре очертани. Означете местата, където свършват рогата на сърпа на Луната, както на деформираното от рефракцията изображение, така и на построеното от вас неповлияно от рефракцията, хипотетично изображение на Луната. Обяснете метода, който използвате. [1,5 т.]

Ъгловото отстояние между ядрото на кометата и Слънцето е 22° . В нощта на наблюдението разстоянието до ядрото на кометата е 0,805 аи (астрономически единици), а до Слънцето е 1,002 аи. Тогава кометата е почти точно в перихелия на своята орбита.

- **Г)** Определете перихелийното разстояние на кометата в астрономически единици и дължината на опашката на кометата в милиони километри. Приемете, че ъгловият размер на опашката на кометата е равен на ъгловото отстояние между Луната и ядрото на кометата по снимката. [6,5 т.]

Указание: Начертайте взаимното разположение на Слънцето, Земята и кометата в подходящ мащаб, като използвате дадената по-горе информация, и опитайте да получите и измерите търсените разстояния графично.

Задача 4. Планетология. Япет е третият най-голям спътник на Сатурн. Той се върти синхронно около Сатурн в права посока, което означава, че винаги остава обърнат към Сатурн по един и същ начин.

Релефът на Япет е крайно интересен. Условно Япет се разделя на две полукълба, едното водещо, а другото задно спрямо орбиталното му движение. За допълнително пояснение, ако наблюдател на северния полюс на Сатурн погледне към Япет, водещото полукълбо за него е това вляво на централния меридиан на Япет, а задното полукълбо е това вдясно. В добро приближение цялото водещо полукълбо на Япет е покрито с тънък слой тъмни частици, докато повърхността на цялото задно полукълбо е от лед, който отразява слънчевата светлина много по-добре. Когато Япет е в първа четвърт за наблюдател на Сатурн, видимата звездна величина на Япет от Земята е $m_1 = 10,3$. А когато Япет е в последна четвърт за наблюдател на Сатурн, видимата му звездна величина от Земята е $m_3 = 12,2$.

- **А)** Каква е видимата звездна величина m_0 на Япет от Земята, когато той е в новолуние за наблюдател на Сатурн? Приемете едно и също взаимно разположение на Земята и Сатурн във всички случаи. Не отчитайте наклона на оста на Сатурн, наклона на орбитата на Япет спрямо екваториалната равнина на Сатурн и наклона на оста на Япет. [4 т.]

Смята се, че тъмният слой по водещото полукълбо на Япет е стар. Според една хипотеза той е резултат от криовулканизъм по това полукълбо, а според друга той се състои от отломки от други спътници на Сатурн, захванати гравитационно от Япет. Средната дебелина на слоя е приблизително $d = 0,5$ m.

- **Б)** Оценете масата μ на слоя. [1,5 т.]
- **В)** Много след като тъмният слой се е формирал, той продължава да покрива само едното полукълбо. Ледът на повърхността на Япет обаче постоянно сублимира и десублимира (тоест спорадично преминава от твърдо в газообразно състояние и обратно). Предвид слабата гравитация на спътника, това би му позволило да се преразпределя свободно по повърхността. И въпреки това, водещото полукълбо остава тъмно. Предложете обяснение за това. [2,5 т.]

По продължение на голяма част от екватора на Япет има дълъг хребет, по който лежат едни от най-високите върхове в Слънчевата система. На Фигура 4 е дадено негативно изображение на хребета, направено отдалеч от апарата Cassini.

- Г) Определете височината H на хребета в рамките на снимката. [3 т.]
- Д) На Фигура 5 е оградена определена скална маса някъде по повърхността на Япет. Обяснете произхода ѝ, тоест опишете в две-три изречения поредицата от събития, поради които тя се оказва на това място. [1 т.]

Справочни данни (по всички задачи):

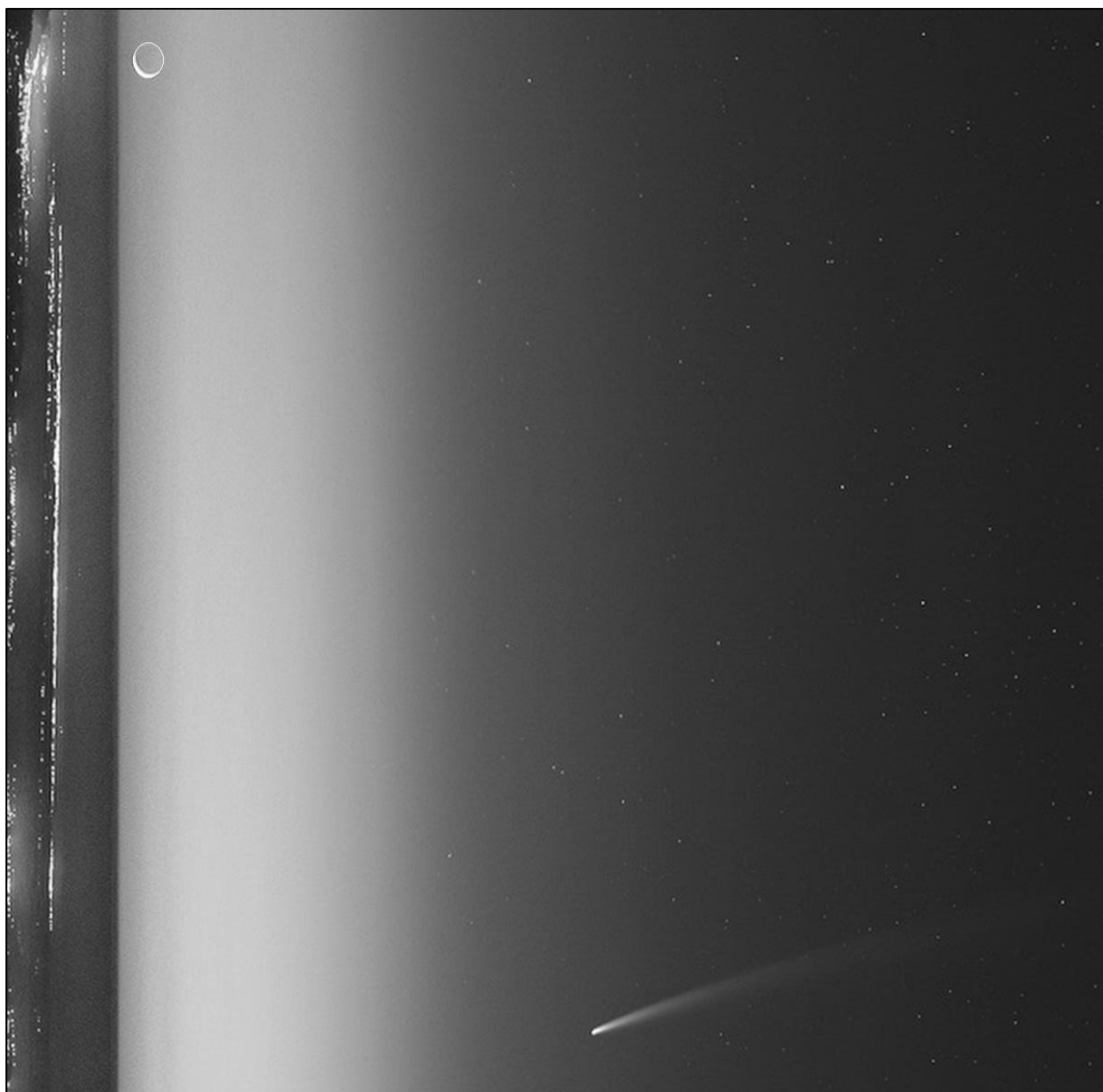
Гравитационна константа

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$$

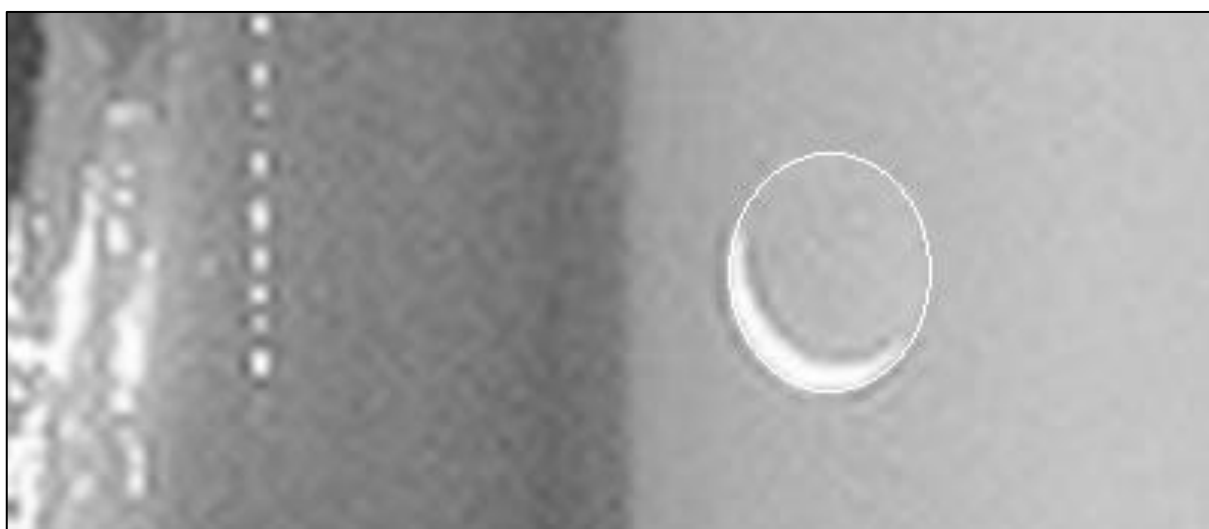
Астрономическа единица

$$1 \text{ au} = 149\,597\,870\,700 \text{ m}$$

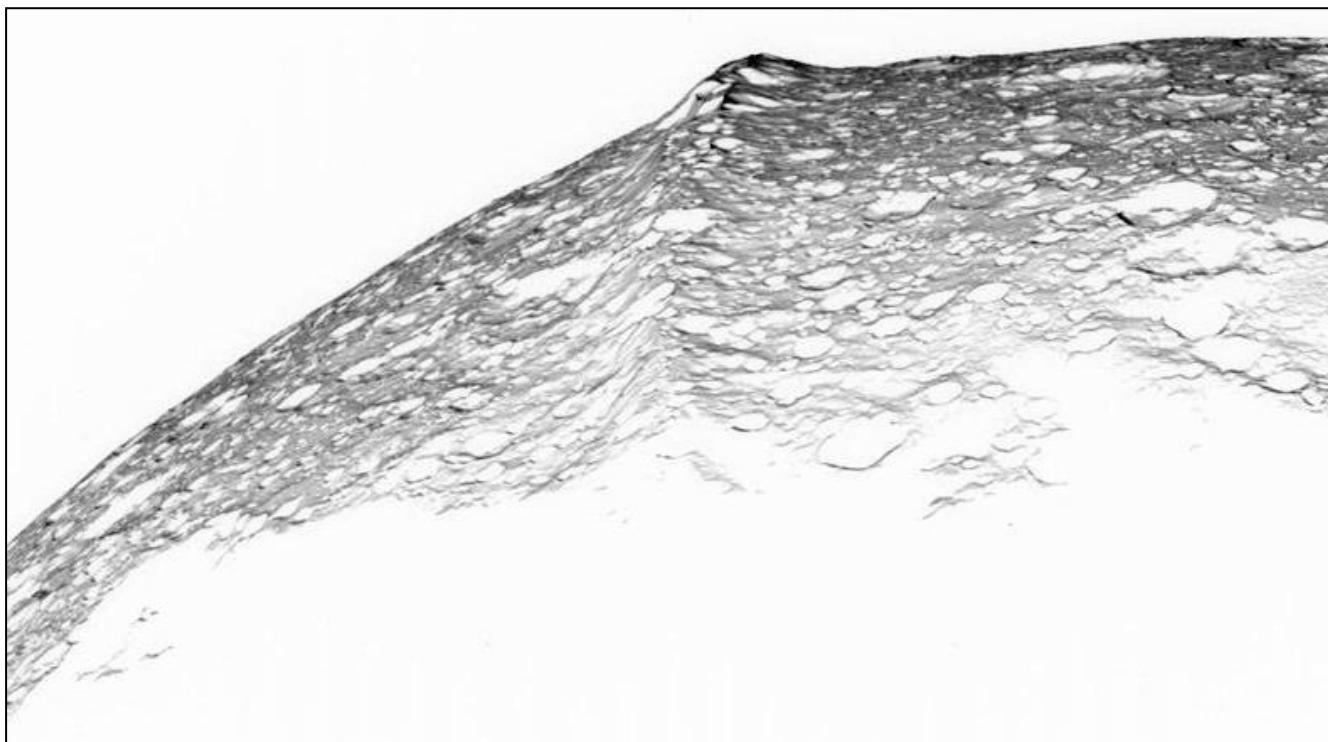
| Слънце | | |
|------------------------------|-------------|---------------------------------|
| Радиус | R_{\odot} | 696000 km |
| Земя | | |
| Маса | M_E | $5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ |
| Радиус | R_E | 6371 km |
| Луна | | |
| Радиус | R_L | 1737,4 km |
| Марс | | |
| Маса | M_M | $6,42 \cdot 10^{23} \text{ kg}$ |
| Радиус | R_M | 3390 km |
| Голяма полуос на орбитата | a_M | $227,9 \cdot 10^6 \text{ km}$ |
| Ексцентрицитет на орбитата | e_M | 0,0934 |
| Юпитер | | |
| Маса | M_J | $1,90 \cdot 10^{27} \text{ kg}$ |
| Радиус | R_J | 69900 km |
| Период на въртене около оста | τ_J | 9 h 55 min |
| Радиус на орбитата | r_J | 5,20 au |
| Ганимед | | |
| Радиус | R_G | 2634 km |
| Радиус на орбитата | r_G | 1070000 km |
| Япет | | |
| Радиус | R_I | 734 km |



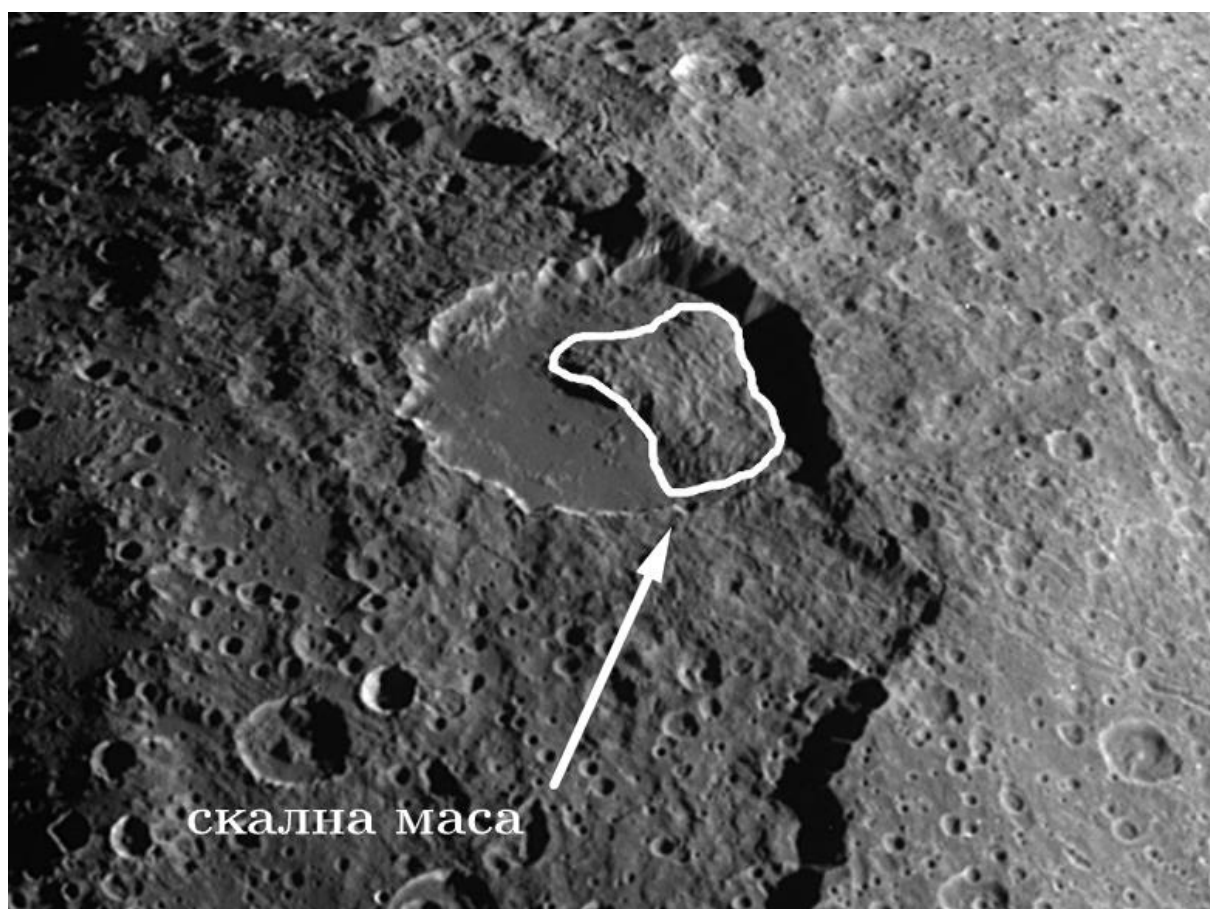
Фигура 2. Част от снимката на Габриел Запароли в сива гама (към Задача 3).



Фигура 3. Увеличено 6 пъти изображение на Луната (към Задача 3).



Фигура 4. Екваториалният хребет на Япет (към Задача 4).



Фигура 5. Скална маса по повърхността на Япет (към Задача 4).