

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНА КОМИСИЯ ЗА ОРГАНИЗИРАНЕ НА ОЛИМПИАДАТА ПО АСТРОНОМИЯ
XXIX НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ
<https://astro-olymp.org>

Общински кръг, 2025-2026 г.
Възрастова група 9-10 клас

Задача 1. Слънцето или Земята? Масата на Слънцето е $1,99 \cdot 10^{30}$ kg, масата на Земята е $5,97 \cdot 10^{24}$ kg, а масата на Луната е $7,35 \cdot 10^{22}$ kg. Средното разстояние между Луната и Земята е 384 400 km, а между Земята и Слънцето е $149,6 \cdot 10^6$ km.

А) Пресметнете гравитационната сила F_1 , с която Земята привлича Луната, и гравитационната сила F_2 , с която Слънцето привлича Луната, в нютони. Използвайте закона на Нютон за всеобщото привличане. **[3т.]**

Б) Пресметнете отношението F_1/F_2 . Кое тяло привлича по-силно Луната: Слънцето или Земята? **[2т.]**

В) Защо Луната остава в орбита около Земята въпреки получения резултат? **[5т.]**
Гравитационна константа: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2)$

Решение:

А) Нека въведем следните означения:

M_3 – маса на Земята

M_L – маса на Луната

M_C – маса на Слънцето

r_1 – разстояние Земя-Луна

r_2 – разстояние Земя-Слънце

G – гравитационна константа.

Гравитационната сила, с която Земята привлича Луната, се задава от следния израз:

$$F_1 = \frac{GM_3M_L}{r_1^2}$$

След пресмятане получаваме:

$$F_1 = 1,98 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

Аналогично, гравитационната сила, с която Слънцето привлича Луната, се изразява като:

$$F_2 = \frac{GM_C M_L}{r_2^2}$$

Тук пренебрегваме разстоянието между Земята и Луната спрямо радиуса на земната орбита, защото той е приблизително 400 пъти по-голям.

След заместване на числените стойности се получава:

$$F_2 = 4,34 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

Б) Съотношението на големините на двете сили е:

$$\frac{F_2}{F_1} \approx 2,2$$

Това означава, че Слънцето привлича Луната с по-голяма гравитационна сила.

В) Въпреки че Слънцето привлича Луната с по-голяма сила, нашият естествен спътник остава в орбита около нас. На пръв поглед това е парадоксално. За да разрешим този „парадокс“ първо трябва да поясним това, че Луната и Земята обикалят около Слънцето свързани като една система, т.е. по орбитата на Земята се движи центърът на масите на системата. За да загубим Луната като спътник, би било необходимо разликата в гравитационните ускорения, които Слънцето придава на Земята и на Луната, да успее да разруши гравитационната връзка между тях. Обаче тези ускорения са много близки по големина. Дори и максималната разлика между тях е значително по-малка от гравитационното ускорение, което Земята придава на Луната. Поради това Слънцето не успява да „откъсне“ Луната и тя остава в орбита около нас.
За решаването на това подусловие не се изискват числени пресмятания.

Критерии за оценяване (10т.)

А) 3т.

За правилни формули за пресмятане на силите на привличане – 2т.

За правилни числени резултати – 1т.

Б) 2т.

За правилно пресмятане на съотношението на двете сили – 1,5т

За верен отговор кое тяло привлича по-силно Луната – 0,5т

В) 5т.

За правилно и подробно обяснение на получения „изненадващ“ резултат – 0,5т

Задача 2. Тангра и Бендида. През 2010 г. е открита екзопланетата WASP-21b, обикаляща около звездата WASP-21. Съгласно решението на Международния астрономически съюз, по предложение от България, звездата е наречена Тангра (върховният бог на прабългарите), а планетата – Бендида (тракийска богиня на лова, Луната и плодородието).

Тангра е звезда от спектрален клас G3V с маса 0,89 слънчеви маси, радиус 1,14 слънчеви радиуса и температура на повърхността 5800 К. Планетата Бендида има маса $5,2 \cdot 10^{26}$ kg и радиус 80 000 km.

А) Потърсете информация за масите на планетите от Слънчевата система. Коя от тях е най-близка по маса до Бендида и колко процента от масата на Бендида е разликата? [2т.]

Б) Пресметнете средната плътност на Бендида. Има ли планета от Слънчевата система с подобна плътност? [3т.]

В) Планетата Бендида е открита по метода на пасажа (транзита). Когато за земния наблюдател Бендида преминава пред звездата Тангра, с колко процента намалява видимият блясък на звездата? Имайте предвид, че проекциите на планетата и на звездата по небето са дискове. [3т.]

Г) Може ли планетата Бендида да е обитаема? Обяснете вашия отговор. [2т.]

Радиус на Слънцето: 696 000 km

Решение:

А) Най-близка по маса до Бендида е планетата Сатурн. Нейната маса е $5,69 \cdot 10^{26}$ kg. Отношението на масите на Сатурн и Бендида е $5,69 \cdot 10^{26}$ kg / $5,2 \cdot 10^{26}$ kg \approx 1,094. Разликата между масата на Сатурн и масата на Бендида в проценти от масата на Бендида ще бъде:

$$(1,094 - 1) \times 100\% = 9,4\%$$

Сатурн е само с около 9,4% по-масивен от Бендида.

Б) Ако означим с M и R масата и радиуса на Бендида, то нейната средна плътност ще бъде:

$$\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} \approx 242 \text{ kg/m}^3 = 0,242 \text{ g/cm}^3$$

Това е доста ниска средна плътност, около 4 пъти по-ниска от плътността на водата. Няма планета от Слънчевата система с подобна плътност. Планетата с най-ниска плътност е Сатурн (687 kg/m^3), но дори и нейната плътност е около 2,8 пъти по-висока от тази на Бендида.

В) Означаваме с R_0 радиуса на звездата Тангра. Видимият блясък на звездата се определя от осветеността, която тя създава за земния наблюдател (лъчистата енергия, попадаща за единица време на единица площ върху Земята). Нека E_0 е осветеността, създавана от звездата, когато планетата не минава пред нея, а E да бъде осветеността, създавана от звездата по време на пасаж на планетата. Можем да си представим звездата като светещ диск с площ πR_0^2 , пред който преминава тъмният диск на планетата с площ πR^2 . Тогава:

$$\frac{E}{E_0} = \frac{\pi R_0^2 - \pi R^2}{\pi R_0^2} = 1 - \left(\frac{R}{R_0}\right)^2 \approx 0,990$$

По време на пасаж на планетата намаляването на блясъка на звездата в проценти ще бъде:

$$\left(1 - \frac{E}{E_0}\right) \times 100\% = 1,0\%$$

Г) Данните за звездата Тангра показват, че тя е доста подобна на нашето Слънце. Намираме информация за голямата полуос на орбитата на Бендида около нея, тя е 0,05 астрономически единици. Бендида е около 8 пъти по-близо до своята звезда, отколкото е Меркурий до Слънцето, поради което температурата на повърхността ѝ трябва да е много висока. Освен това масата на планетата е сравнима с масите на газовите планети гиганти от Слънчевата система. При тези условия Бендида не би могла да бъде обитаема.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

А) 2 т.

За правилно определяне на планетата с най-близка маса – 0,5 т.

За правилно пресмятане на процентната разлика – 1,5 т.

Б) 3 т.

За правилно пресмятане на средната плътност на Бендида – 2 т.

За сравнение с плътността на планети от Слънчевата система – 1 т.

В) 3 т.

За правилен алгебричен метод на пресмятане – 2 т.

За верен числен резултат – 1 т.

Г) За правилни съображения относно възможността планетата да е обитаема и верен извод – 2 т.

Задача 3. Космически телескопи. Пред Вас са портретите на знаменити физици и астрономи. В тяхна чест, на всеки от тях е наименуван по един космически телескоп. Телескопите са предназначени за наблюдения на астрономическите обекти в различни диапазони на електромагнитния спектър. Потърсете информация в интернет и:

А) За всеки от тези физици и астрономи посочете по една най-главна заслуга, която той има за науката. [3т.]

Б) Посочете в какви видове електромагнитни вълни се извършват наблюденията на всеки от телескопите. [3т.]

В) Какви са предимствата на космическите телескопи пред телескопите, намиращи се на земната повърхност? [4т.]



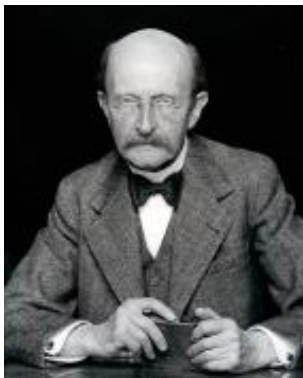
Йохан Кеплер
1571 – 1630 г.



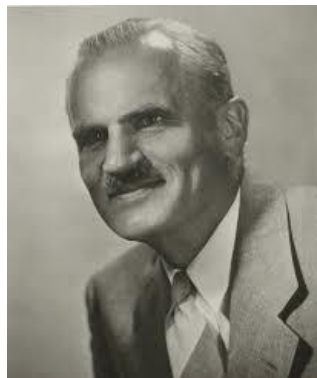
Едуин Хъбъл
1889 – 1953 г.



Уилям Хершел
1738 – 1822 г.



Макс Планк
1858 – 1947 г.



Артър Комптън
1892 – 1962 г.



Субрамаян Чандрасекар
1910 – 1995 г.

Решение:

А)+Б) Йохан Кеплер – открива, че планетите се движат около Слънцето по елиптични орбити и формулира трите закона за движението на планетите, известни днес като закони на Кеплер. Телескопът Кеплер е предназначен за търсене на планети около други звезди. Извършвал е наблюдения във видима светлина и в малка част от близкия инфрачервен диапазон.

Едуин Хъбъл – пресмята разстоянията до близките галактики, открива разбягването на галактиките и разширението на Вселената. Изготвя морфологичната класификация на галактиките. Телескопът Хъбъл извършва наблюдения на многообразни космически обекти във видима светлина, близкия ултравиолетов диапазон и близкия инфрачервен диапазон.

Уилям Хершел – открива инфрачервените лъчи, планетата Уран, няколко спътници на планети, множество звездни купове, мъглявини и галактики, конструира собствени телескопи. Телескопът Хершел е бил предназначен за наблюдение в далечния инфрачервен диапазон. На Хершел има наречен и друг, наземен телескоп (WHT на Канарските острови).

Макс Планк – открива връзката между енергията на фотона и честотата, закономерностите при излъчването на абсолютно черно тяло, един от основоположниците на квантовата механика. Телескопът Планк е предназначен за наблюдение в микровълни с цел изследване на реликтовото излъчване (микровълновото фоново излъчване).

Артър Комптън – открива т.нар. ефект на Комптън – разсейване на високоенергетични фотони при взаимодействието им с електрически заредени частици, най-вече електрони. Космическият телескоп Комптън ще извършва наблюдения главно в гама-лъчи, но също и в рентгенови лъчи.

Субраманян Чандрасекар – дава съществен принос в астрофизическите изследвания, доказва съществуването на пределна маса за белите джуджета, известна като граница на Чандрасекар. Телескопът Чандра извършва наблюдения в рентгенови лъчи.

В) Главното предимство на космическите телескопи е, че на тях не им влияят смущенията в качеството на изображението, предизвикани от земната атмосфера, а също и че те могат да извършват наблюдения в диапазони от електромагнитни вълни, които не се пропускат от атмосферата.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

А) За посочване на главни изследователски приноси на дадените учени – $6 \times 0,5 \text{ т.} = 3 \text{ т.}$

Б) За посочване на диапазоните от електромагнитния спектър, в които работят телескопите – $6 \times 0,5 \text{ т.} = 3 \text{ т.}$

В) За правилни съображения относно предимствата на космическите телескопи – 4 т.

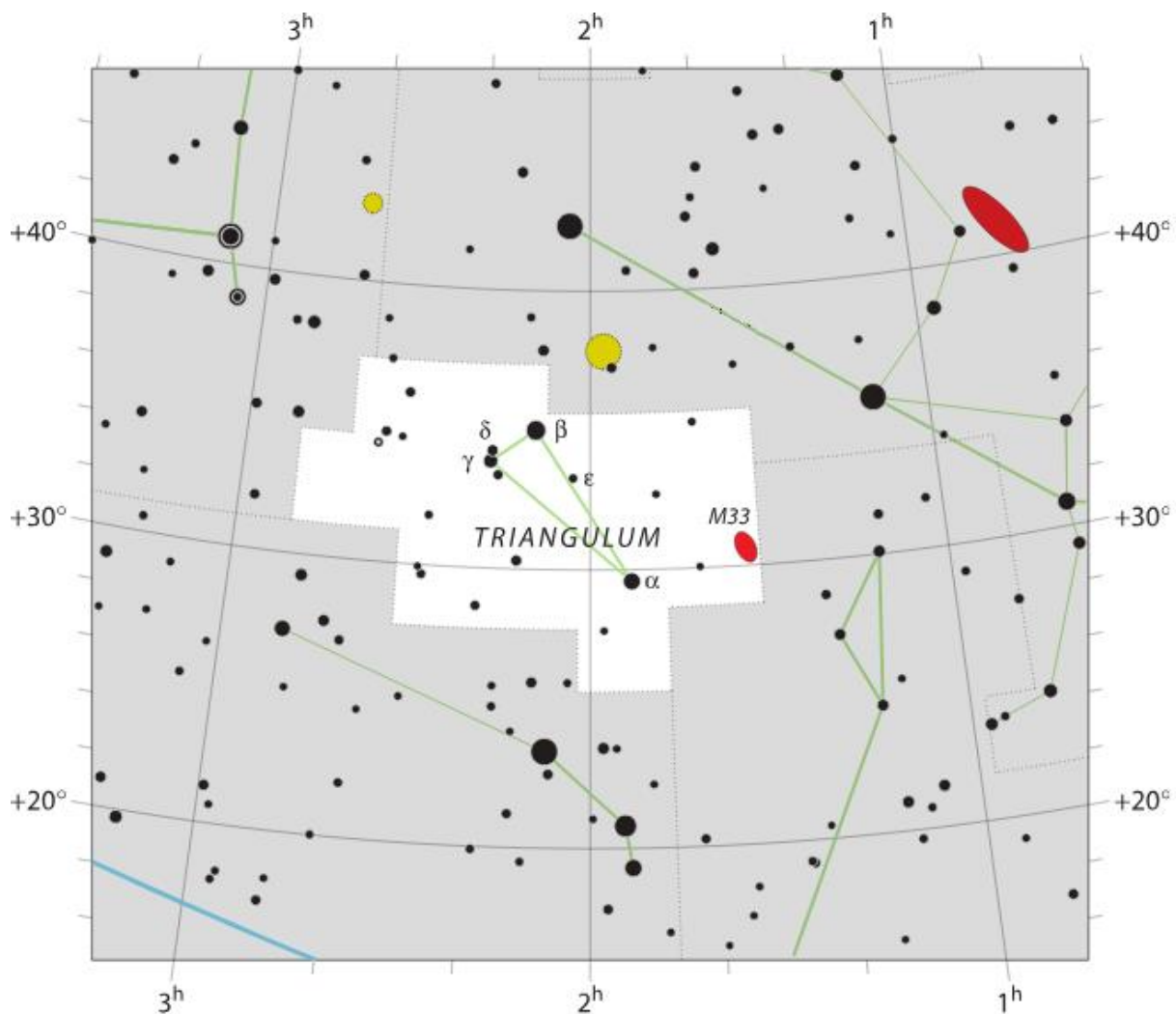
Задача 4. Триъгълник в небето. Дадена е карта на съзвездието Триъгълник (Triangulum). По осите са дадени екваториални координати – ректасцензия и деклинация. Официалните граници на съзвездието са отбелязани като фонът извън тях е потъмнен. Площта на съзвездието е достатъчно малка, за да можем да пренебрегнем кривината на небесната сфера и да приемем, че то лежи в небесна равнина. Използвайте разстоянието между точките с координати ($2^{\text{h}}, +20^{\circ}$) и ($2^{\text{h}}, +40^{\circ}$), за да измерите колко градуса съответстват на сантиметър от изображението. Използвайки този резултат:

А) Направете необходимите измервания и изчислете площта на съзвездието, в квадратни градуса. [3т.]

Б) Името на съзвездието идва от триъгълника, образуван от звездите $\alpha \text{ Tri} - \beta \text{ Tri} - \gamma \text{ Tri}$ (свързани с отсечки на картата). Направете необходимите измервания и изчислете колко процента от площта на съзвездието попадат в този триъгълник. [3т.]

В) Какво представлява обектът М33, който се намира в това съзвездие? На колко светлинни години от нас е този обект? [2т.]

Г) На картата се вижда, че Триъгълник граничи с 4 съзвездия, но имената им не са отбелязани. Кои са те? [2т.]



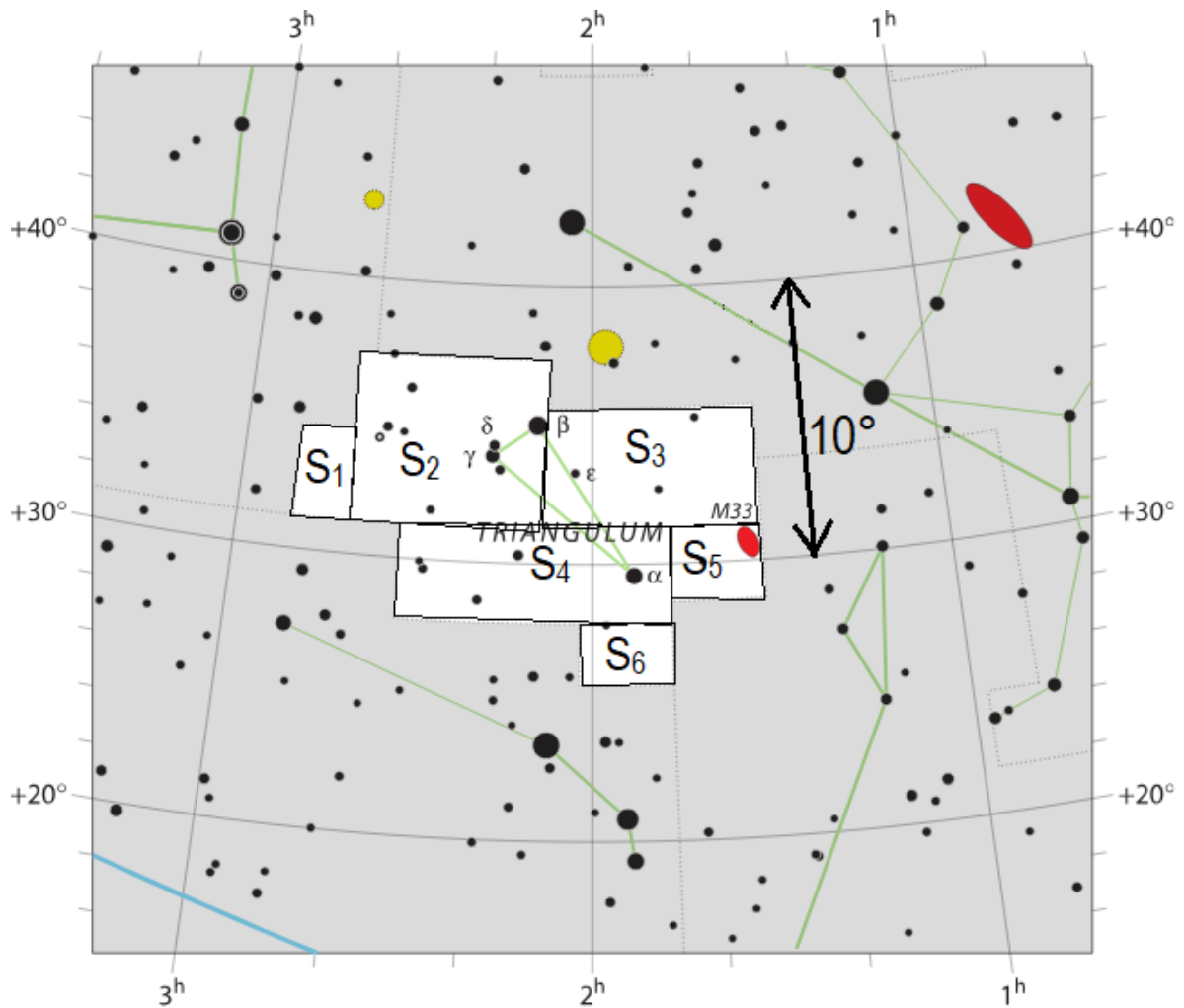
Решение:

А) Както при всяко друго съзвездие, границите на Триъгълник са успоредни на екуваториалните координати по небето и съответно съдържат само 90-градусови ъгли. Това позволява площта на съзвездието по небето да бъде разделена на сферични правоъгълници. Тъй като ъгловите размери на съзвездието са малки (видимо под 20° в кое да е направление), можем лесно да апроксимираме сферичните правоъгълници с обикновени двумерни правоъгълници. Задачата може да бъде решена по различни начини, но едно такова възможно разделение е показано на фигурата долу.

За да измерим страните на правоъгълниците, а от там и площите им, трябва да използваме някое фиксирано разстояние с цел мащабиране. Най-удобно е да ориентираме това разстояние изцяло по деклинация – например, разстоянието между 30-тия и 40-тия небесен паралел е точно 10° . След това мащабираме и измерваме страните на всеки правоъгълник, в случая:

$$\begin{aligned}
 S_1 &= 2,0^\circ \times 3,4^\circ = 6,8^{o^2}, & S_2 &= 6,8^\circ \times 6,2^\circ = 42,2^{o^2}, & S_3 &= 7,7^\circ \times 4,4^\circ = 33,9^{o^2}, \\
 S_4 &= 9,8^\circ \times 3,3^\circ = 32,3^{o^2}, & S_5 &= 3,3^\circ \times 2,7^\circ = 8,9^{o^2}, & S_6 &= 3,5^\circ \times 2,2^\circ = 7,7^{o^2}
 \end{aligned}$$

Сумираме и получаваме 132 квадратни градуса. Резултати от 110 до 150 квадратни градуса би следвало да се оценяват с пълен брой точки, независимо от това, кой геометричен метод е използван. [3т.]



Б)

I начин:

Използваме вече получения мащаб, за да изчислим ъгловите разстояния между всяка двойка от трите звезди. Те са:

алфа – бета: $a = 6,43^\circ$

бета – гама: $b = 1,97^\circ$

алфа – гама: $c = 6,69^\circ$

Пресмятаме площта на триъгълника алфа-бета-гама по Хероновата формула:

$$p = (a + b + c)/2$$

$$S = \sqrt{p(p - a)(p - b)(p - c)}$$

Получаваме 6,3 квадратни градуса, което е малко под 5% от площта на цялото съзвездие Триъгълник.

II начин:

Построяваме някоя височина и пресмятаме площта по формулата $S = ah/2$. Можем също да забележим, че ъгълът в звезда бета (β Tri) е почти 90° , т.е. площта е $(6,43 \cdot 1,97)/2 = 6,3$ квадратни градуса, което е малко под 5% от площта на цялото съзвездие Триъгълник. [3т.]

В) Обектът М33 е спиралната галактика Триъгълник – третата най-голяма галактика в нашия куп от галактики (Местната група), след галактиката Андромеда (М31) и Млечния път. Разстоянието до М33 е около 2,8 милиона светлинни години. [2т.]

Г) Четирите съзвездия, които граничат с Триъгълник, са: Андромеда (Andromeda), Риби (Pisces), Овен (Aries) и Персей (Perseus). [2т.]

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

А) За измервания и пресмятане на площта на съзвездието – 3 т.

Б) За измервания и пресмятане на площта на триъгълника от звезди – 3 т.

В) За обяснения за естеството на М33 и разстоянието до него – 2 т.

Г) За изброяване на съзвездията, граничещи с Триъгълник – $4 \times 0,5 \text{ т.} = 2 \text{ т.}$