

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

Подборен кръг, 13 юли 2025 г., Варна, практически тур
Младша възраст – Решения

Задача 1. Ярки звезди. В таблицата е предоставена информация за някои от ярките звезди, които можем да видим с невъоръжено око на нощното небе.

- **А)** В допълнителната таблица запишете броя на звездите, които принадлежат към всеки един спектрален клас. **[3.5 т.]**
- **Б)** Използвайки тази информация, постройте хистограма, която показва разпределението на звездите по спектрални класове. **[4.5 т.]**
- **В)** Коментирайте получения резултат. **[12 т.]**

N	Име	Клас
1	Rigil Kentaurus A	G
2	Rigil Kentaurus B	K
3	Sirius	A
4	Procyon	F
5	Altair	A
6	Beta Hyi	G
7	Vega	A
8	Fomalhaut	A
9	Pollux	K
10	Zeta Her	G
11	Denebola	A
12	Muphrid	G
13	Arcturus	K
14	Porrina	F
15	Deneb Algedi	A
16	Beta TrA	F
17	Capella	G
18	Rasalhague	A
19	Alderamin	A
20	Castor	A
21	Caph	F
22	Zosma	A
23	Iota Cen	A
24	Sheratan	A
25	Menkent	K
26	Tureis	F
27	Eps Sco	K
28	Hamal	K
29	Aldebaran	K
30	Alpha Hyi	F

N	Име	Клас
88	Peacock	B
89	Alpha Tuc	K
90	Mirach	M
91	Scheat	M
92	Izar	K
93	Matar	G
94	Gamma Per	G
95	Menkar	M
96	Zaurak	M
97	Nunki	B
98	Shedar	K
99	Tejat	M
100	Bellatrix	B
101	Spica	B
102	Algenubi	G
103	Alpha Ara	B
104	Phact	B
105	Girtab	F
106	Mimosa	B
107	Minkar	K
108	Alpha Mus	A
109	Kaus Media	K
110	Canopus	F
111	Eta Cen	B
112	Acrux A	B
113	Acrux B	B
114	Algenib	B
115	Almach	K
116	Rastaban	G
117	Delta Cru	B

Клас	Брой
O	
B	
A	
F	
G	
K	
M	

31	Gienah Cygni	K
32	Unukalhai	K
33	Alphecca	A
34	Zubenelgenubi	A
35	Ankaa	K
36	Kaus Borealis	K
37	Mizar	A
38	Merak	A
39	Regulus	B
40	Delta Vel	A
41	Alioth	A
42	Menkalinan	A
43	Cebalrai	K
44	Deneb Okab Aus	A
45	Sabik	A
46	Phecda	A
47	Algorab	B
48	Al Dhibain Prior	G
49	Gacrux	M
50	Ascella	A
51	Cursa	A
52	Algol	B
53	Deneb Kaitos	K
54	Alnasl	K
55	Alpheratz	B
56	Ruchbah	A
57	Al Nair	B
58	Alkaid	B
59	Vindemiatrix	G
60	Alhena	A
61	Cor Caroli	A
62	Miaplacidus	A
63	Mu Vel	G
64	Beta Tri	A
65	Dubhe	K
66	Kochab	K
67	Muhlifain	A
68	Elnath	B
69	Algieba	K
70	Gamma Hydrae	G
71	Achernar	B
72	Markab	B
73	Kraz	G
74	Kaus Australis	B
75	Kornephoros	G
76	Eltanin	K
77	Nihal	G
78	Zubeneschamali	A

118	Shaula	B
119	Eps Cen	B
120	Zeta Cen	B
121	Hadar	B
122	Delta Cen	B
123	Dschubba	B
124	Adhara	B
125	Atria	K
126	Zeta Tau	B
127	Gamma Lup	B
128	Al Niyat	B
129	Alcyone	B
130	Polaris	F
131	Theta Car	B
132	Albaldah	F
133	Kappa Sco	B
134	Tarazed	K
135	Zeta Oph	O
136	Mirzam	B
137	Al Kab	K
138	Lesath	B
139	Pi Sco	B
140	Beta Lup	B
141	Graffias	B
142	Epsilon Per	B
143	Markeb	B
144	Gamma Cas	B
145	Kakkab	B
146	Antares	M
147	Betelgeuse	M
148	Suhail	K
149	Mirfak	F
150	Beta Ara	K
151	Sadalsuud	G
152	Avior	K
153	Enif	K
154	Aspidiske	A
155	Saiph	B
156	Al Niyat	B
157	Sadalmelik	G
158	Alnitak	O
159	Rigel	B
160	Mebsuta	G
161	Mintaka	B
162	Pi Pup	K
163	Naos	O
164	Zeta Per	B
165	Regor	O

79	Gienah	B
80	Gomeisa	B
81	Beta Gru	M
82	Yed Prior	M
83	Delta Cyg	B
84	Theta Aur	A
85	Alphard	K
86	Tau Pup	K
87	Gamma TrA	A

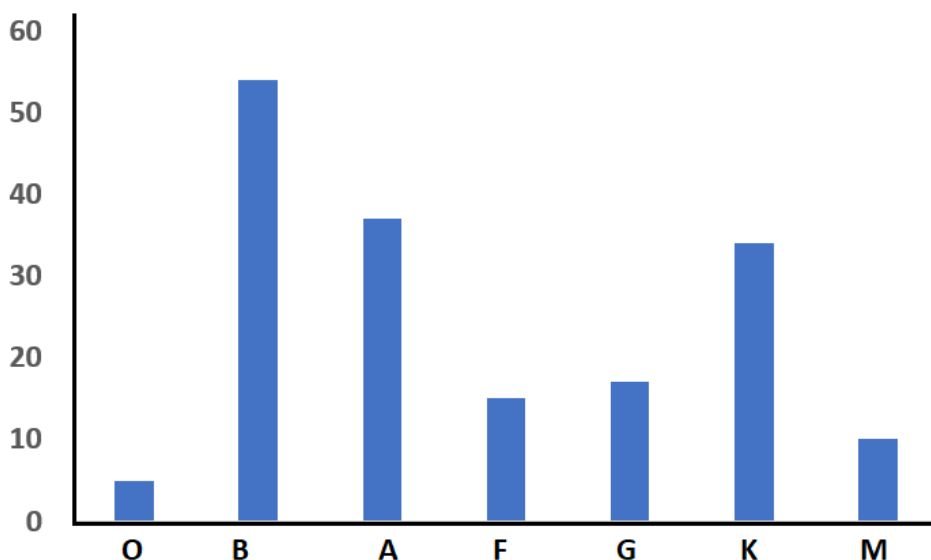
166	Upsilon Car	A
167	Arneb	F
168	Nair al Saif	O
169	Alnilam	B
170	Deneb	A
171	Sadr	F
172	Wezen	F
173	Almaaz	F
174	Aludra	B

Решение.

А) Използвайки дадената таблица, преброяваме звездите, които принадлежат на всеки един от спектралните класове. Резултатите са:

Сп. клас	Брой
O	5
B	54
A	37
F	15
G	17
K	34
M	10

Б) На милиметровата хартия построяваме хистограма, показваща разпределението на звездите по спектрални класове.



Фигура А1. Хистограма на броя звезди по спектрален клас.

В) Преди да започнем същинския анализ на получената хистограма, трябва да припомним два важни факта за звездите. Светимостта на една звезда се пресмята по формулата $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$, където R е радиусът, а T е температурата на звездата.

1. Температурата на звездите от спектрален клас О е най-висока, а на тези от спектрален клас М е най-ниска. Нека да разгледаме внимателно получената хистограма. Забелязваме, че звездите от спектрален клас О са най-малко. Това е така, защото те са сини гиганти от Главната последователност. Техните температури и радиуси са много

високи. По тази причина светимостите им са огромни и е възможно да имат голяма яркост на небето ни, дори и да се намират на големи разстояния от нас. Такива звезди обаче се образуват изключително рядко и затова се почти не се срещат в Галактиката и това обяснява малкия им брой.

2. Виждаме също, че броят на звездите, които принадлежат към спектрален клас В е значително по-голям (тук попада един от максимумите на разпределението). Тези звезди също принадлежат на Главната последователност. Техните светимости са също високи, макар и не толкова, колкото при звездите от спектрален клас О, и поради това можем да ги наблюдаваме на сравнително големи разстояния. За сметка на това, броят на образуващите се звезди от клас В е по-голям от броя на тези от клас О. Това обяснява и големия брой ярки звезди, принадлежащи на клас В.

3. Преминавайки към спектрални класове А, забелязваме, че броят им е значително по-малък. Те са повече като брой в Галактиката ни, но по-важното тук е, че имат много по-ниски светимости. По тази причина ние можем да видим с невъоръжено око звезди, лежащи в много по-малка област от Млечния път.

4. При спектрален клас F се вижда локален минимум в хистограмата. Звездите, които принадлежат на него и лежат на Главната последователност, имат още по-ниски светимости и затова, за да имат висока яркост, трябва да са разположени на неголеми разстояния от Слънчевата система. Това значително ограничава техния брой. Но все пак, една част от ярките звезди от клас F биха могли да бъдат и гиганти, особено такива, които се намират в ивицата на нестабилност по диаграмата на Херцшпрунг-Ръсел. Те имат по-високи светимости.

5. Светимостите на звезди от Главната последователност, попадащи в спектрални класове G, K и M са твърде ниски и много малко от тях са достатъчно близо, за да се видят с невъоръжено око. Затова при тези класове ярките звезди, които са представени в таблицата са предимно гиганти, които са напуснали Главната последователност (особено при K и M).

6. Сравнително малкият брой звезди от клас M може да се обясни с тяхната много ниска температура. За да бъдат сред ярките звезди на небето, те би следвало да имат много висока светимост, т.е. при тази температура да имат изключително големи радиуси. Те би трябвало да са червени свръхгиганти – еволюирали звезди с висока начална маса (от класове O и B). Понеже такива звезди се образуват рядко, то и червените свръхгиганти се срещат рядко.

7. Видимите звезди от спектрален клас K имат по-висока температура. Те също са гиганти, но биха могли да имат и по-малък радиус. Това означава, че те могат да са еволюирали звезди с по-малка начална маса (от спектрални класове A и F, докато са на Главната последователност). Но те се образуват значително по-често, което и обяснява максимума при спектрален клас K.

Никола Каравасилев

Критерии за оценяване (общо 20 т.):

A) *Общо – 3.5 т. (за всяка правилна стойност се присъждат 0.5 т.)*

B) *За правилно надписани и разграфени оси на хистограмата – 0.5 т.*

За правилно нанесени стълбчета – 3.5 т. (по 0.5 т. за всяко)

Ако е използвана поне половината от наличната милиметрова хартия – 0.5 т.

Забележка. Ако ученикът е преброил неправилно звездите, принадлежащи към някой от спектралните класове, но е нанесъл този брой правилно на хистограмата, той би следвало да загуби съответния брой точки само в A).

B) *За всяка от гореизброените точки – 2 т. (до набирание на 12 т.)*

Забележка. В зависимост от степента на задълбоченост на написаното от ученика обяснение може да се присъди и част от максималния брой точки.

Задача 2. Голямото луностоене. Двама канадски любители астрофотографи започват през 2022 година проект по заснемане на най-голямото от 18 години „луностоене“. Те имат намерение да заснемат поотделно изгревите на Слънцето и на Луната, по един за всеки месец, по време на пълнолуние или много близо до него, в периода от лятното слънцестоене през 2024 година до лятното слънцестоене през 2025 година. Слънцето се вижда ясно, но изображенията на Луната са малки бледи кръгчета, а в Приложение 3, което е негативно изображение на нощното небе с Луната, те са малки тъмни кръгчета на по-светъл фон.

Луностоене, по аналогия със слънцестоенето, се нарича максималното отстояние на точката на изгрева на Луната от посоката изток – на юг или на север в зависимост от месеца, през който се наблюдава. През 2024 и 2025 година максималното луностоене е много близо до дните на слънцестоене, като Луната е във фаза пълнолуние или близо до нея. При това точките на изгрева ѝ са максимално отдалечени от посоката изток.

Разбирайки, че времето в Едмънтън, Канада, невинаги е ясно, те започват снимките още през 2022 година, като ги планират така, че положенията на Слънцето и Луната при изгрев да са максимално близо до пресметнатото им положение за периода от юни 2024 до юни 2025 година. Слънцето е заснемано по възможност на височина 0.5 градуса над хоризонта, веднага след неговия изгрев, а Луната – в пълнолуние, на височина около 2.5 градуса над хоризонта. Резултатът от техните усилия е показан в приложенията. В първото приложение са комбинирани снимките на изгрева на Слънцето и Луната за всеки от 13-те месеца на планирания период. Идеята е да се демонстрира колко далеч от посоката изток може да изгрива Луната, отклонявайки се дори по-далеч от положенията, в които изгрива Слънцето в дните на слънцестоене. Във второто и третото приложение са показани снимките на изгрева на Слънцето и на Луната, поотделно, на фона на панорамата на град Едмънтън.

- **А)** Разпознайте изображенията на Слънцето и Луната върху снимките и ги означете максимално точно с вертикален шрих, достигащ до хоризонта.
- **Б)** Използвайки Приложение 2 с изгревите на Слънцето, определете къде е посоката изток и я означете с линия, която пресича вертикално всички панорамни снимки, на всяко едно от приложенията.
- **В)** Географската ширина на Едмънтън е $53^{\circ}32'$. Определете азимутите на изгревите на Слънцето и Луната и ги напишете до техните изображения върху всяка една от панорамите в приложенията 2 и 3. Постройте графика на азимутите на изгрева на Слънцето и Луната върху един лист милиметрова хартия, като моментите от време да са месеците, през които са правени снимките. Предварително постройте абсцисата по дължина на листа, начертавайки я от средата на късата страна на милиметровата хартия, и която да започва от азимут 90° (посока изток).

Упътване: При определяне на азимутите използвайте планиметрично (плоско, равнинно) приближение.

- **Г)** Обяснете защо изгревите на Луната са по-отдалечени от посоката изток, отколкото изгревите на Слънцето. Забелязва се лека асиметрия в разположението на двете графики. На какво, според вас, се дължи тя?

- **Д)** В кои месеци на 2025 година може да се очакват слънчеви или лунни затъмнения?

- **Е)** Ако Луната в момента на юнското луностоене е на разстояние 396 089 km от центъра на Земята, то на какво максимално отклонение от еклиптиката ще я вижда наблюдател от град Едмънтън?

Упътване: Търсеният ефект е много малък. Не използвайте закръглявания в процеса на пресмятанията.

Полезна математика:

В един триъгълник със страни a , b и c и срещулежащи ъгли съответно A , B и C , са верни следните съотношения:

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos C$$

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos A$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2 \cdot a \cdot c \cdot \cos B$$

Справочни данни:

Наклон на лунната орбита към еклиптиката

$$i = 5^{\circ}09'$$

Наклон на еклиптиката към екватора

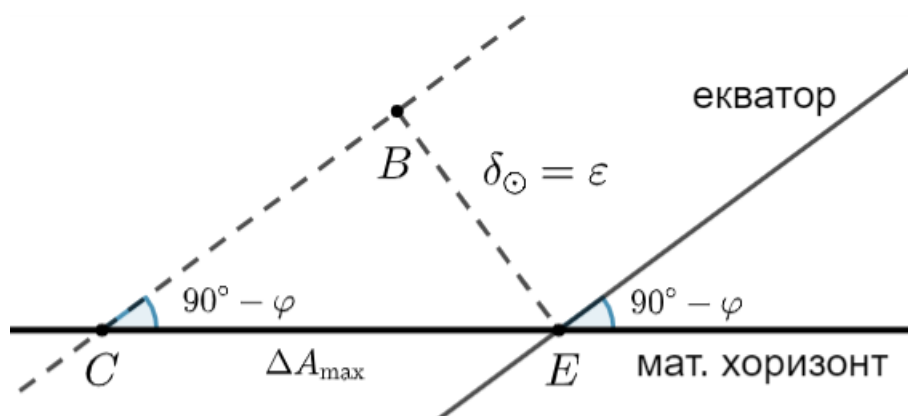
$$\varepsilon = 23^{\circ}26'$$

Радиус на Земята

$$R_E = 6370 \text{ km}$$

Отговори.

А), Б), В) Линията за посоката изток и стойностите за азимутите на Луната и Слънцето са дадени на Фигура А3 и Фигура А4. Посоката изток е намерена като средно положение спрямо крайните позиции на светилата по азимут. Самите азимути се изчисляват, като намерим максималното отклонение $\Delta A_{\max}$ на Слънцето от азимут 90° (изток) през годината за Едмънтън ($\varphi = 53^{\circ}32'$).



Фигура А2. Денонощен паралел на Слънцето при максимална деклинация (в пунктир).

Изток се бележи с E , а Слънцето изгрява от C . Използвано е плоско приближение.

Правоъгълният триъгълник ECB на чертежа ни дава, че $\sin(90^{\circ} - \varphi) = \varepsilon / \Delta A_{\max}$. Оттам $\Delta A_{\max} = \varepsilon / \cos \varphi = 39.4^{\circ}$. Приемаме, че крайното положение на Слънцето по Приложение 2 отстои на $\Delta A_{\max}$ от посоката изток. Отчитаме на колко милиметра съответства това, с което получаваме мащаба на изображението. Оттам нататък с него намираме всички азимути, включително и по Приложение 3.

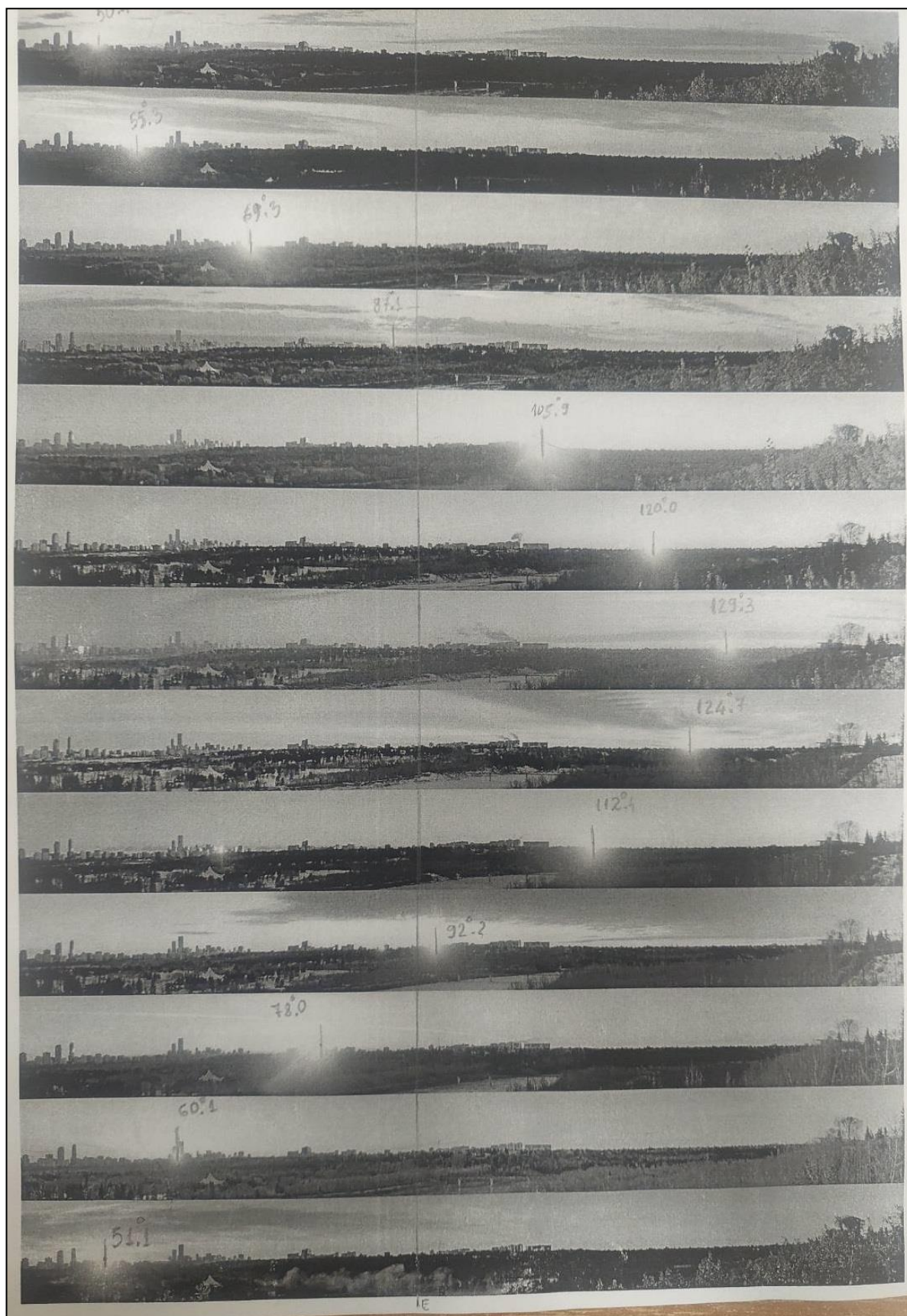
В) Графиката на азимутите спрямо времето е дадена на Фигура А5.

Г) Причината е в наклона на лунната орбита спрямо еклиптиката. Поради него деклинацията на Луната има по-широк диапазон, а съответно и азимутът.

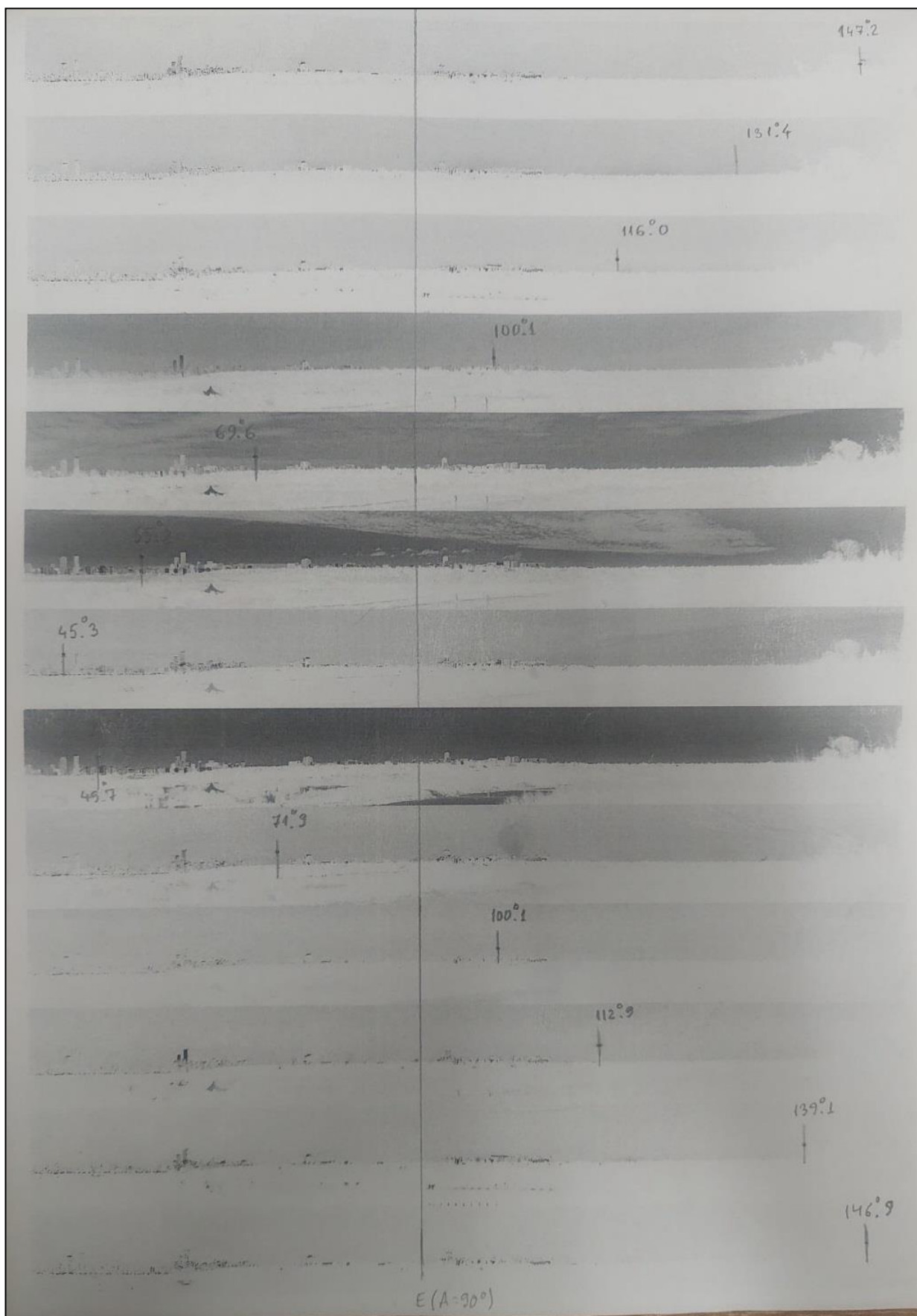
Д) За да има затъмнение, Луната трябва да е във възел, тоест близо до еклиптиката. А тогава в пълнолуние деклинацията ѝ е противоположна на Слънчевата. По графиката виждаме, че за 2025 г. сме най-лесно до такава ситуация през **март**. Понеже за една година линията на възлите на лунната орбита не се отмества

значително в пространството, очакваме затъмнения и след шест месеца – през септември.

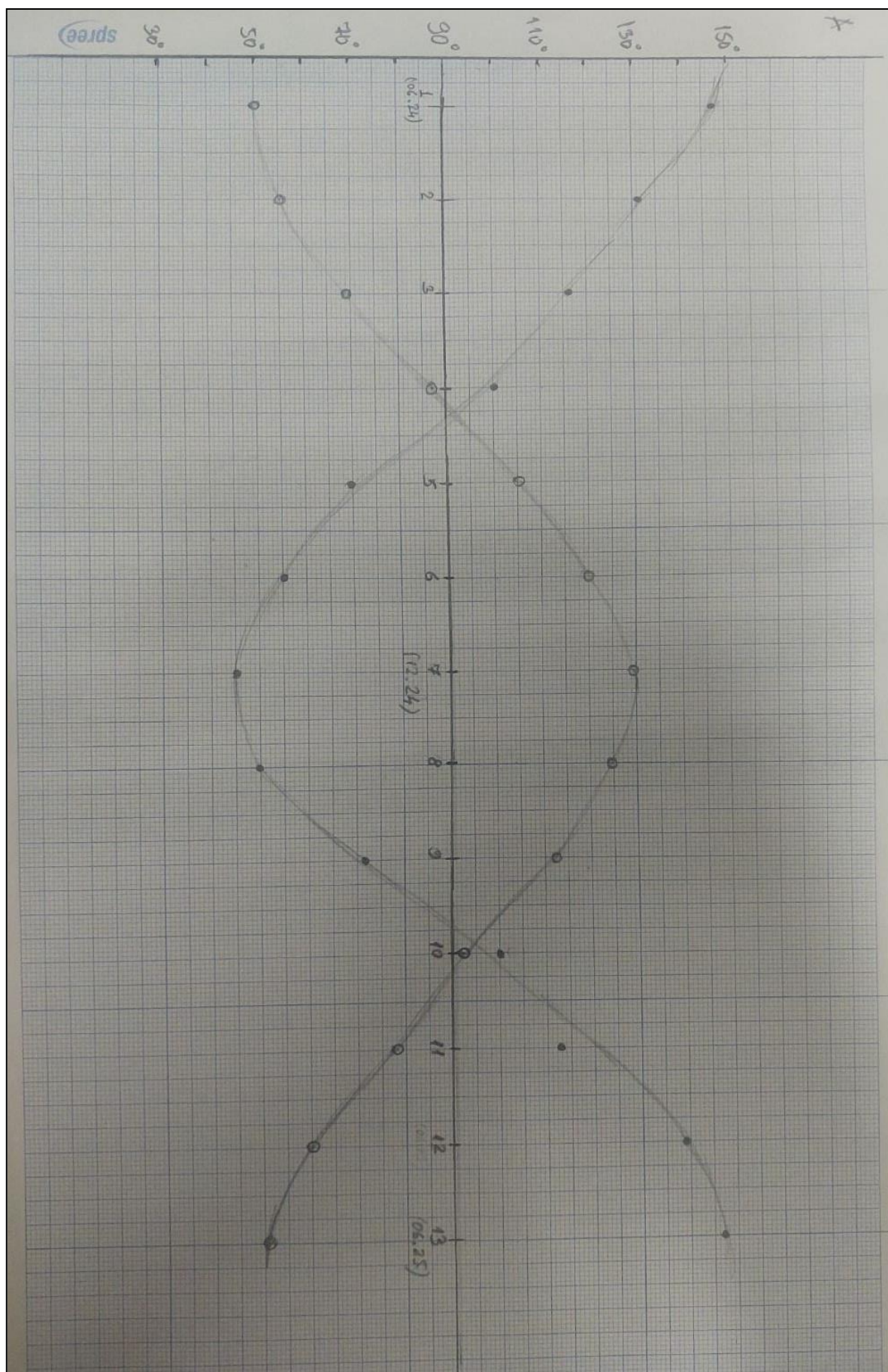
Е) Изчисленията са дадени на Фигура А6. Отговорът е $6^{\circ}04'$.



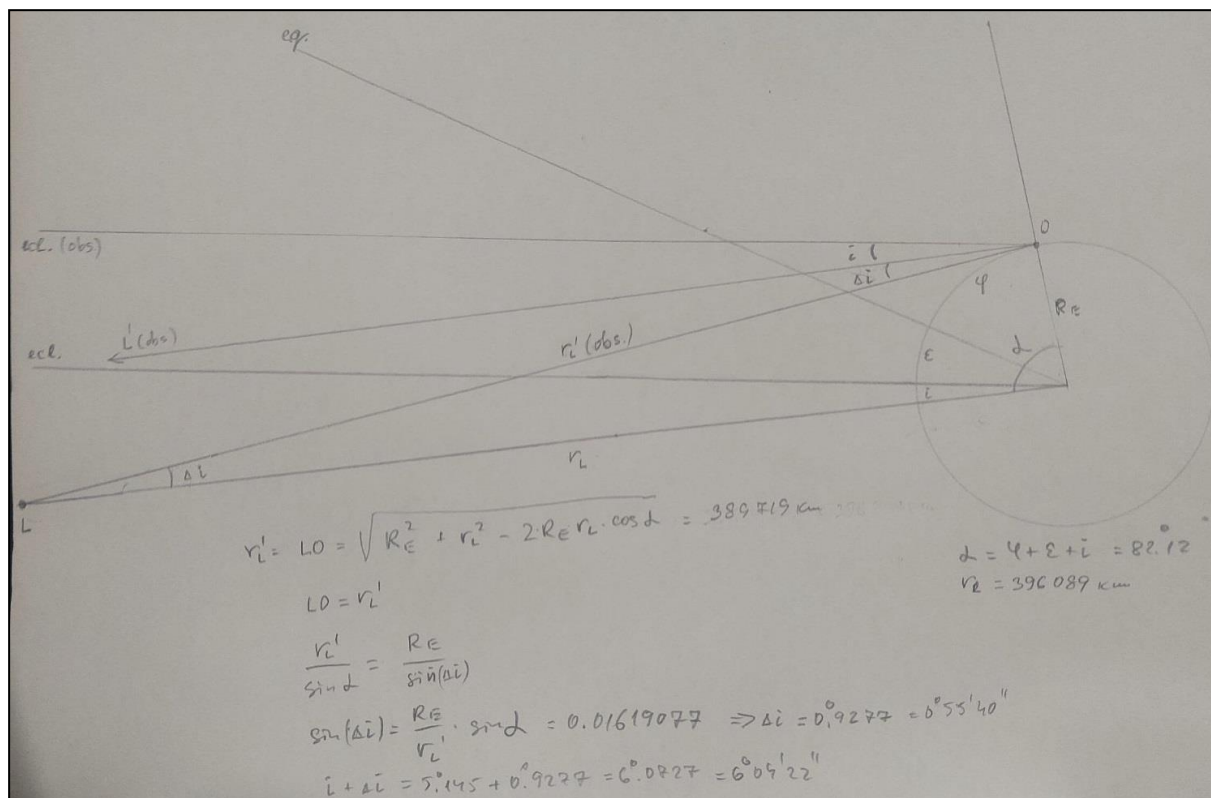
Фигура А3. Построения по Приложение 2.



Фигура А4. Построения по Приложение 3.



Фигура А5. Азимути на Луната и Слънцето спрямо времето.



Фигура А6. Разположение на наблюдател от Едмънтън при максимално паралактично отместване на Луната.

Захари Дончев