

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

О. О. Панько

Кінематика та фізика тіл Сонячної системи

Методичні рекомендації щодо виконання
завдань для самостійної роботи

Одеса 2018

Кінематика та фізика тіл Сонячної системи. Методичні рекомендації щодо виконання завдань для самостійної роботи. – Одеса. – 2018

Рецензенти:

- Андрієвський С. М., доктор фізико-математичних наук, професор, директор НДІ «Астрономічна обсерваторія» Одеського національного університету імені І. І. Мечникова;
- Марсакова В. І., кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри теоретичної фізики та астрономії Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

Методичні рекомендації щодо виконання завдань для самостійної роботи розраховано на студентів фізико-математичного напрямку підготовки вищих педагогічних навчальних закладів, а також вчителів загальноосвітніх шкіл та учнів, які займаються поглибленим вивченням астрономії. Методичні рекомендації розроблено з урахуванням структури навчальної програми курсу «Загальна астрономія». Для кожного завдання для самостійної роботи сформульовано мету, ціль роботи, наведено необхідні теоретичні відомості та контрольні запитання. Більшість завдань розроблено автором у методичних рекомендацій. Ілюстративний матеріал, який використовується для виконання завдань, отримано з відкритих джерел мережі Internet з відповідними посиланнями.

Друкується за рішенням
вченої ради факультету математики, фізики та
інформаційних технологій
Одеського національного університету
імені І. І. Мечникова;
протокол № 3 від 14 листопада 2017 р.

© О.О.Панько 2018

ПЕРЕДМОВА

Завдання до самостійної роботи «Кінематика та фізика тіл Сонячної системи» створено до курсу «Загальна астрономія», що входить до освітньо-професійної/освітньо-наукової програми підготовки бакалавра напряму 104 – фізика та астрономія. Завдання дозволяють студентам ознайомитися із базовими уявленнями про видимий та дійсний рух тіл сонячної системи, законами що описують рух планет та супутників, навчитися використовувати закони Кеплера, а також засвоїти принципи визначення розмірів окремих елементів деяких тіл Сонячної системи. Для студентів, що далі обирають спеціалізацію «астрономія», Завдання до самостійної роботи «Кінематика та фізика тіл Сонячної системи» є практичною основою для засвоєння курсів «Небесна механіка» та деяких розділів курсу «Астрофізика».

Відповідно до начальних програм та планів половина часу, що призначений на засвоєння матеріалу курсу, припадає саме на самостійну роботу студента. Разом з тим особливості викладання дисциплін астрономічного циклу потребують зворотного зв'язку між викладачем та студентом. Регулярне та своєчасне виконання завдань для самостійної роботи, які пропонуються у методичних рекомендаціях, дозволяють не тільки засвоїти основні уявлення про кінематику та фізичні властивості тіл Сонячної системи, але ще й робити це на підставі спеціально відібраного спостережного матеріалу.

Завдання для самостійної роботи розташовано у методичних рекомендаціях відповідно до лекційного матеріалу, але без жорсткої прив'язки до кожної лекції. Завдання виконуються послідовно. Всі необхідні для роботи довідкові відомості наведено у тексті. Для кожного завдання на початку сформульовано ціль роботи та наведено теоретичні відомості, після яких сформульовано контрольні запитання. Власне у завданнях для виконання студенти мають можливість застосовувати теоретичні знання. Відповіді для завдань не приводяться.

Значна частина завдань виконується з використанням комп'ютерів, тому й самі методичні рекомендації призначені у першу чергу для використання як електронний ресурс. В ході виконання завдань формуються вміння, навички та компетенції відповідно до вимог програми підготовки бакалаврів. Якість виконання завдань студент може оцінити під час консультації з викладачем.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ № 1

РУХ ТІЛ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ

Завдання: ознайомитися з особливостями видимого руху планет. Навчитися використовувати спостережні особливості руху планет для обчислення фізичних параметрів їхнього руху. Навчитися використовувати 3 закони Кеплера в їх класичному вигляді та в уточненій формі.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Видимий рух планет.

Навколо Сонця обертається велика кількість тіл, що складають Сонячну систему. Це 8 великих планет, їх супутники, карликові планети (Церера, Плутон, Еріда, Макемаке, Хаумеа), астероїди головного поясу та поясу Койпера, комети, пилові частинки.

Спостережні особливості руху великих планет відомі з давніх часів. Дві планети, їх називають внутрішніми, Меркурій та Венера ніколи не відходять від Сонця на велику відстань та не можуть спостерігатися у точці, протилежній Сонцю. Ці дві планети називають внутрішніми (вочевидь, відносно спостережень із Землі), інші 5 планет (Марс, Юпітер, Сатурн, Уран і Нептун) – зовнішніми. Всі карликові планети також є зовнішніми. Положення, які займають планети з точки зору земного спостерігача, називають конфігураціями (рис.1.1 та 1.2).

Положення внутрішніх планет, в яких вони перебувають на тій самій екліптичній довготі, що й Сонце, називаються сполученнями (рис. 4). Якщо планета у сполученні розташована між Землею та Сонцем, таке сполучення є нижнім. Якщо планета у сполученні розташована позаду Сонця, то є верхнім сполученням. Видима кутова віддаль планети від Сонця, яка називається елонгацією, періодично змінюється від нуля до максимального значення. Якщо нижня планета знаходиться у західній елонгації, то вона розташована на захід від Сонця, та її можна спостерігати вранці.

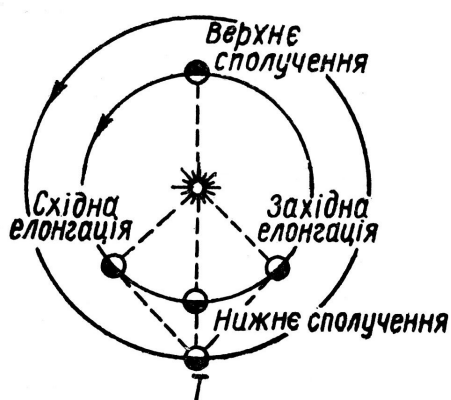


Рис. 1.1. Конфігурації внутрішньої планети. Літерою *T* позначено Землю

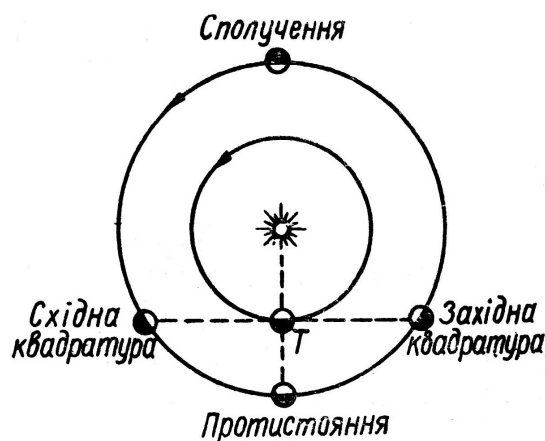


Рис. 1.2. Конфігурації зовнішньої планети. Літерою *T* позначено Землю

Для зовнішньої планети також характерні особливі положення відносно Сонця і Землі, які називаються протистоянням, сполученням і квадратурами (рис. 2). В момент протистояння планета перебуває в протилежному напрямі від Сонця відносно Землі, її відстань до Землі мінімальна, а блиск максимальний.

З трикутників, які утворюють планети із Землею та Сонцем в елонгаціях та квадратурах, модно обчислити їхні відстані від Сонця в одиницях відстані Землі від Сонця. Цю важливу відстань так і називають **астрономічна одиниця** (*a.o.*, або — *au*, від англ. *astronomical unit*). Вона дорівнює 149597870.700 км.

Проміжок часу між двома послідовними однаковими конфігураціями планети (чи іншого тіла Сонячної системи) називають **синодичним періодом** обертання (від грецького *συνωδοσ* — збори, з'єднання). Наприклад, для Місяця синодичним періодом (синодичним місяцем) є проміжок часу, за який відбувається повна зміна фаз.

Проміжок часу, за який планета, якщо на неї дивитися з центра Сонця, здійснивши повний оберт на небі, займе попереднє положення серед зір є **зоряним**, або **сидеричним** (від латинського *sideris* – зоряний) періодом обертання планети. Іншими словами, це **орбітальний період** планети. Сидеричні періоди для планет наведено у таблиці 1.

Таблиця 4.1

Сидеричні періоди планет

Меркурій	87.97діб
Венера	224.7діб
Земля	365.256360діб
Марс	1.88 року
Юпітер	11.86 року
Сатурн	29.46 року
Уран	84.02 року
Нептун	164.78 року

Особливості руху планет, зокрема їхній петлеподібний рух, можна пояснити тим, що спостерігають ці світила із Землі, яка також обертається навколо Сонця (рис. 1.3). Планета зміщується в бік заходу, оскільки її орбіта знаходиться всередині орбіти Землі (це стосується нижніх планет), або тому, що в своєму русі навколо Сонця Земля обганяє планету (для верхніх планет).

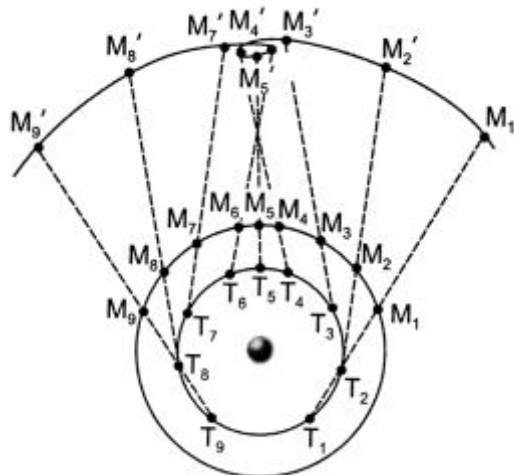


Рис. 1.3. Петлеподібний рух планети — наслідок зміщення як планети, так і Землі разом із спостерігачем

Спостерігач на рухомій Землі визначає звичайно не сидеричний, а синодичний період обертання планети S . Крім того, він знає сидеричний період обертання Землі навколо Сонця E . Однак цих двох значень якраз достатньо, щоб скласти рівняння синодичного руху і за його допомогою визначити сидеричний період T будь-якої планети. Нехай у початковий момент часу Земля, планета і Сонце перебували на прямій лінії (рис. 1.4).

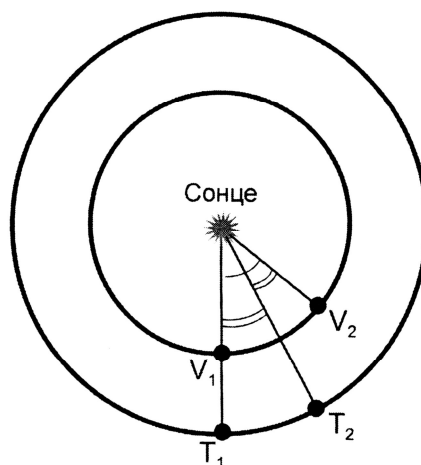


Рис. 1.4. До виведення рівняння синодичного руху

Нехай у початковий момент часу Земля, планета і Сонце перебували на прямій лінії (рис. 4). Візьмемо спочатку нижню планету, наприклад, Венеру. Якщо E і T — сидеричний період відповідно Землі і планети, то $360^\circ/E$ і $360^\circ/T$ — зміщення Землі і планети за добу відносно далеких зір. Різниця цих двох величин — це кут, на який планета випередила Землю за одну добу. Очевидно, за проміжок S ця планета випередить Землю на один оберт, тобто на 360° , отже $360^\circ/S$ — це і є відносне добове зміщення цієї планети. Прирівнявши ці дві величини і скоротивши на 360° , отримаємо рівняння синодичного руху для нижньої планети:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{E} \quad (5.1)$$

Таким же чином виводимо рівняння синодичного руху верхньої планети з тою лише різницею, що при цьому більшу кутову швидкість має Земля, тому від її добового зміщення віднімаємо зміщення планети, отримуючи:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{T} \quad (5.2)$$

Наприклад, для Венери синодичний період $S = 583,9$ доби. Врахувавши, що зоряний $E = 365,26$ доби, з рівняння (1) знаходимо значення сидеричного періоду обертання Венери $T = 224,7$ доби.

Закони Кеплера.

Три закони, що описують рух планет навколо Сонця (а також інших тіл за умови великої різниці між центральним тілом та супутником), було виведено Йоганесом Кеплером з аналізу особливостей руху Марса навколо Сонця. Спостереження, що служили базою для аналізу, охоплюють більш ніж 20 років, були отримані данським астрономом Тихо Браге та самим Кеплером.

Три закони Кеплера

1. Усі планети рухаються по еліпсах, в одному з фокусів котрих (спільному для всіх планет) міститься Сонце (рис. 1.5).
2. Радіус-вектор планети за однакові проміжки часу описує однакові площі (рис. 1.6), або секторіальна швидкість планети постійна.
3. Квадрати періодів обертання планети навколо Сонця відносяться як куби їхніх середніх відстаней від Сонця.

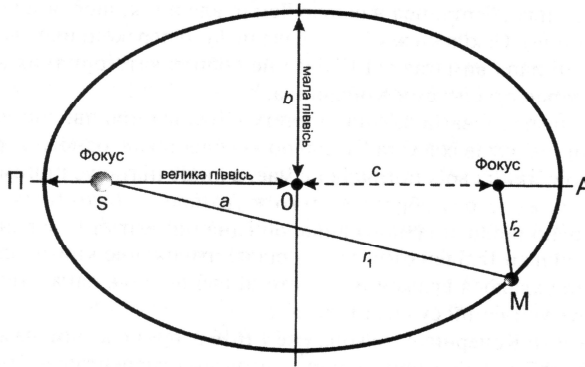


Рис. 1.5. Еліпс як орбіта планети; сума радіусів-векторів r_1 і r_2 будь-якої точки еліпса M дорівнює його великій вісі

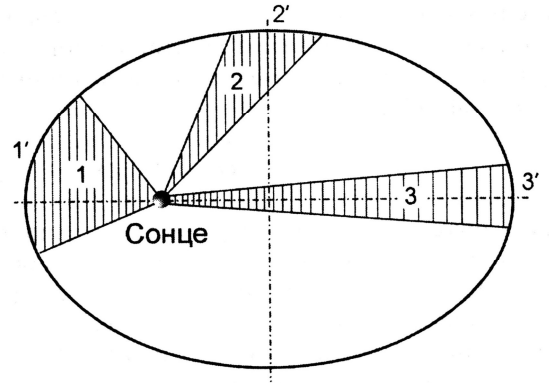


Рис. 1.6. Ілюстрація до другого закону Кеплера: площі 1, 2 і 3 – рівновеликі, це означає, що по дузі 1' планета рухається з більшою лінійною швидкістю, ніж по дугах 2' і 3'

Якщо періоди обертання двох планет навколо Сонця позначити T_1 і T_2 , а їхні середні відстані від Сонця (великі півосі еліпсів) — a_1 і a_2 , то третій закон має вигляд:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \quad (5.3)$$

Закони Кеплера справедливі не лише для планет, а й для їхніх супутників, як природних, так і штучних. Якщо за одиниці відстані і часу взяти астрономічну одиницю і зоряний рік, то зокрема третій закон Кеплера набуде вигляду:

$$T^2 = a^3 \quad (5.4)$$

або якщо період обертання T визначають у земних добах, то:

$$T = 365,26a^{\frac{3}{2}} \quad (5.5)$$

Закони Кеплера є випадком рішення задачі двох тіл, першої задачі небесної механіки.

Зокрема, під дією гравітаційного поля траєкторія тіла-супутника може бути еліпсом, параболою, або гіперболою. З уточненням, зробленим Ньютоном, третій закон Кеплера записується так:

$$\frac{(M_1 + m_1)T_1^2}{(M_2 + m_2)T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \quad (5.6)$$

Це співвідношення дає змогу визначити маси планет, якщо в них є супутники, маси подвійних зір, якщо відомі періоди їхнього обертання і великі півосі їхніх орбіт. Фактично розв'язком є співвідношення.

$$\frac{T^2(M + m)}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G} = \text{const.} \quad (5.7)$$

У такому вигляді його можна застосувати для довільної системи, яка складається з центрального тіла маси M і тіла маси m , що обертається навколо нього з періодом T на середній віддалі a .

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Сформулюйте закони руху планет навколо Сонця.
2. Поясніть причину видимих петлеподібних рухів планет серед зір.
3. В яких конфігураціях внутрішні і зовнішні планети бувають на найближчих віддалях від Землі?
4. Що таке елонгація планети?
5. Дайте визначення сидеричного і синодичного періодів обертання планети навколо Сонця.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Сидеричний період Марса $T = 1,881$ року. Поясніть, чому протистояння Марса відбувається не кожного року.
2. Найбільша елонгація Венери коливається внаслідок еліптичності її орбіти від 43° до 48° . Знайти максимальну і мінімальну віддалі планети від Сонця.
3. З даних Таблиці 1 за допомогою третього закону Кеплера знайти середню відстань Венери від Сонця. Чому результати не співпадають з отриманими у завданні 2?
3. Обчислити синодичні періоди для супутників Марса. Дані для обчислень знайти самостійно.
4. Визначити максимальну кутову відстань Землі від Сонця для спостерігача на Марсі.
5. Визначити максимальну кутову відстань Місяця від Землі для спостерігача на Марсі. Дані для розрахунків знайти самостійно.
6. Повноповоротний радіотелескоп РТ-70, було використано для першого сеансу радіолокації Венери 2-8 червня 1999 р. Обчислити час очікування повернення сигналу, якщо на момент здійснення радіолокації екліптична довгота Сонця була $121^\circ 05' 55''$, Венери – $75^\circ 17' 49''$. Вважати, що Венера знаходилася на екліптиці, а її орбіта – коло.
7. Петлеподібний рух планети. Протягом деякого часу турецький астрофотограф Тунк Тезель зробив серію знімків Марса о півночі. На загальному зображенні положення зір співпадають, і добре видно петлеподібний рух планети. Завдання: (знімки неба та відповідні карти є у Додатку А).
 - Зорієнтуватися за сузір'ями на знімку та обрати необхідну карту.
 - Ототожнити зображення неба та обрану карту.
 - Виписати сузір'я та яскраві зорі, які є в кадрі.
 - Нанести на карту межі кадру.
 - Як можна точніше визначити масштаб знімка.
 - Позначити особливі точки на траєкторії планети.
 - Позначити, якщо вони попадають у межі кадру та карти, точки рівнодень або сонцестоянь.
 - Визначити розмір петлі зворотного руху планети.
 - Визначити, в яку пору року проводилися спостереження.
 - Пояснити, чому визначений розмір дуги зворотного руху не співпадає з табличним (Таблиця 1.2).

Таблиця. 1.2

Середній розмір дуги зворотного руху планет

Планета	Розмір	Тривалість зворотного руху
Меркурій	12°	17 ^d
Венера	16°	41
Марс	15°	70
Юпітер	10°	119
Сатурн	7°	136
Уран	4°	150
Нептун	3°	158

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ № 2

ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ РОЗМІРІВ ДЕТАЛЕЙ ПОВЕРХНІ ТІЛ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ

Завдання: ознайомитися з різними методами оцінки масштабу знімку тіла Сонячної системи. Навчитися визначати розміри окремих формацій на поверхні тіл Сонячної системи.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Визначення розмірів планет і деталей їхніх поверхонь засноване на визначенні масштабу та розрахунку кутового розміру об'єкта. Якщо відомі добовий паралакс або відстань до об'єкта, то його розмір визначається з очевидних співвідношень.

Задача визначити розмір деталі за відомими розмірами тіла трохи складніша. Оскільки кратер, або інша деталь розташована на поверхні сферичного тіла, то для визначення лінійного розміру потрібно знайти рішення трикутника, вершини якого розташовано: в центрі тіла та краях деталі. На рис. 2.1 це трикутник $СAB$. На картинній площині центр тіла $С$ проектується у центр зображення O (рис. 2.2).

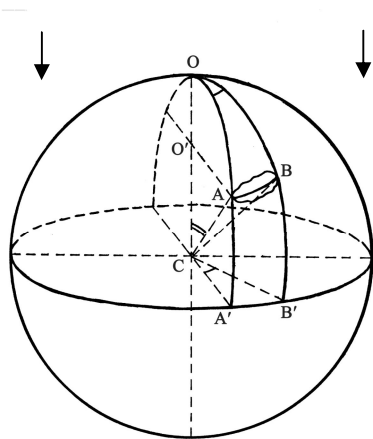


Рис. 2.1. Сферичний трикутник AOB для визначення кутового розміру деталі AB на поверхні тіла. Промінь зору показано стрілками

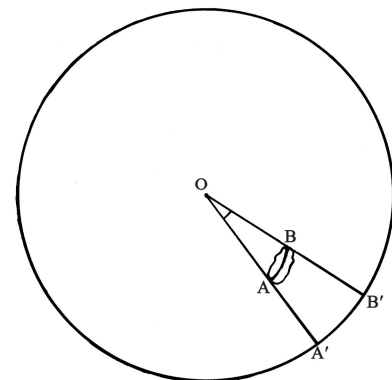


Рис. 2.2. Проекція сферичного трикутника AOB та деталі AB на поверхні тіла на площину фотографії відповідно до рис. 1

Масштаб знімка можна визначити або за повним зображенням об'єкта, або за частиною його диска (рис. 2.3). Для цього проводиться хорда, що стягує дугу частини диска тіла на знімку. Вимірявши висоту хорди OO' h та її довжину $2a$, можна обчислити радіус зображення тіла.

$$R^2 = a^2 + (R - h)^2 \quad (1)$$

$$R = \frac{a^2 + h^2}{2h} \quad (2)$$

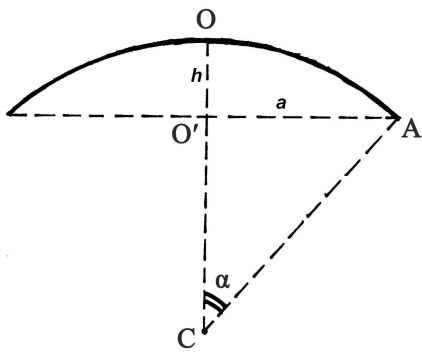


Рис. 2.3. Перетин сфери, наведеної на рис. 1, площиною ОСА

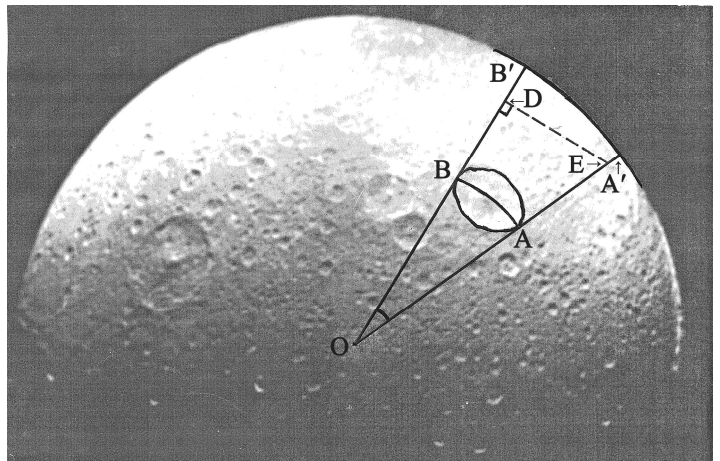


Рис. 2.4. Зображення супутника Сатурна Діони з побудованим трикутником

За обчисленим та реальним радіусами тіла можна визначити масштаб знімка. Якщо картер лежить поблизу центра знімка, або протуберанець видно на лімбі Сонця, реальний розмір розраховується за масштабом. У загальному випадку ми отримуємо знімок з деталями, які видно під деяким кутом. В цьому випадку форма і розміри деталі є спотвореними проекцією. Для обчислення розміру деталі треба розглянути сферичний трикутник на поверхні тіла рис. 2.4 відповідно до рис. 2.1 та 2.2. При проекції сферичного трикутника OAB дуги OA та OB перетворюються на відрізки. На рис. 2.3 дуга OA , що стягує центральний кут α , перетворюється у відрізок $O'A$.

Очевидною, що:

$$\sin \sphericalangle OA = \sin \alpha = \frac{O'A}{CA} = \frac{O'A}{R} \quad (3)$$

Дуга AB обчислюється у кутовій мірі формулою косинуса сторони сферичного трикутника:

$$\cos \sphericalangle AB = \cos \sphericalangle OA \cdot \cos \sphericalangle OB + \sin \sphericalangle OA \cdot \sin \sphericalangle OB \cdot \cos \sphericalangle AOB \quad (4)$$

Остаточно кутовий розмір перераховується у лінійний.

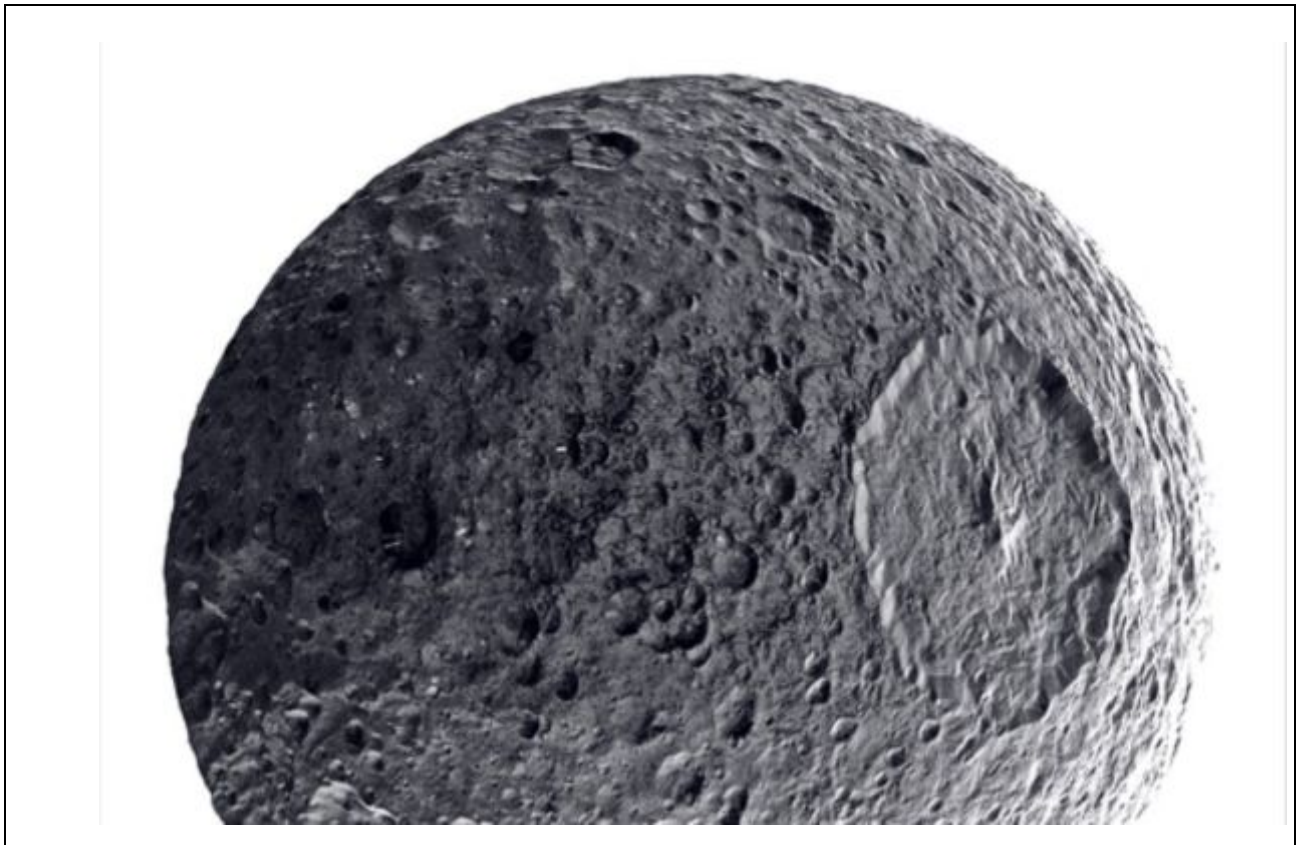
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке масштаб знімку в астрономії?
2. Чому не можна використовувати масштаб для обчислення розмірів великих деталей поверхні сферичного тіла?
3. Яким чином вимірюється паралакс Сонця?
4. Які кратери на Місяці, крім Тихо, мають системи променів? На яких тілах Сонячної системи ще є системи променів?

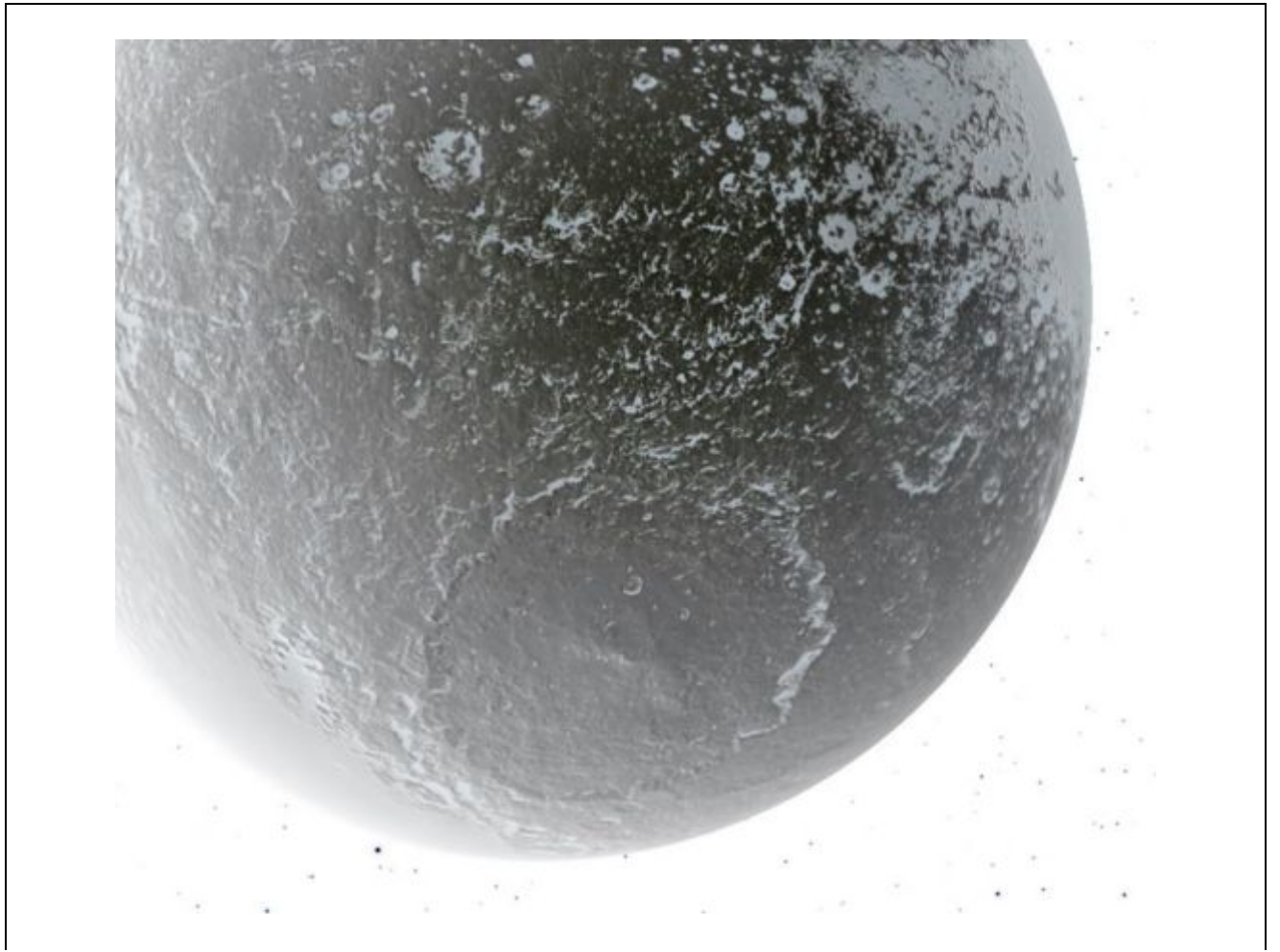
ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. За знімком одного з супутників планет-гігантів (Діона, Рея, Мімас, Япет) визначити розмір кратера на поверхні тіла.
2. Визначити висоту султана над вулканом над Іо.
3. Обчислити ексцентриситет орбіти Місяця за його зображеннями у перигеї та апогеї.
4. Визначити довжину Прямої Стіни на Місяці, знаючи розміри найближчих кратерів.
5. Визначити довжину променів кратеру Тихо на Місяці.
6. Визначити швидкість руху протуберанця на Сонці за чотирма стоп-кадрами з відео його розвитку, отриманого 21 квітня 2015 року.

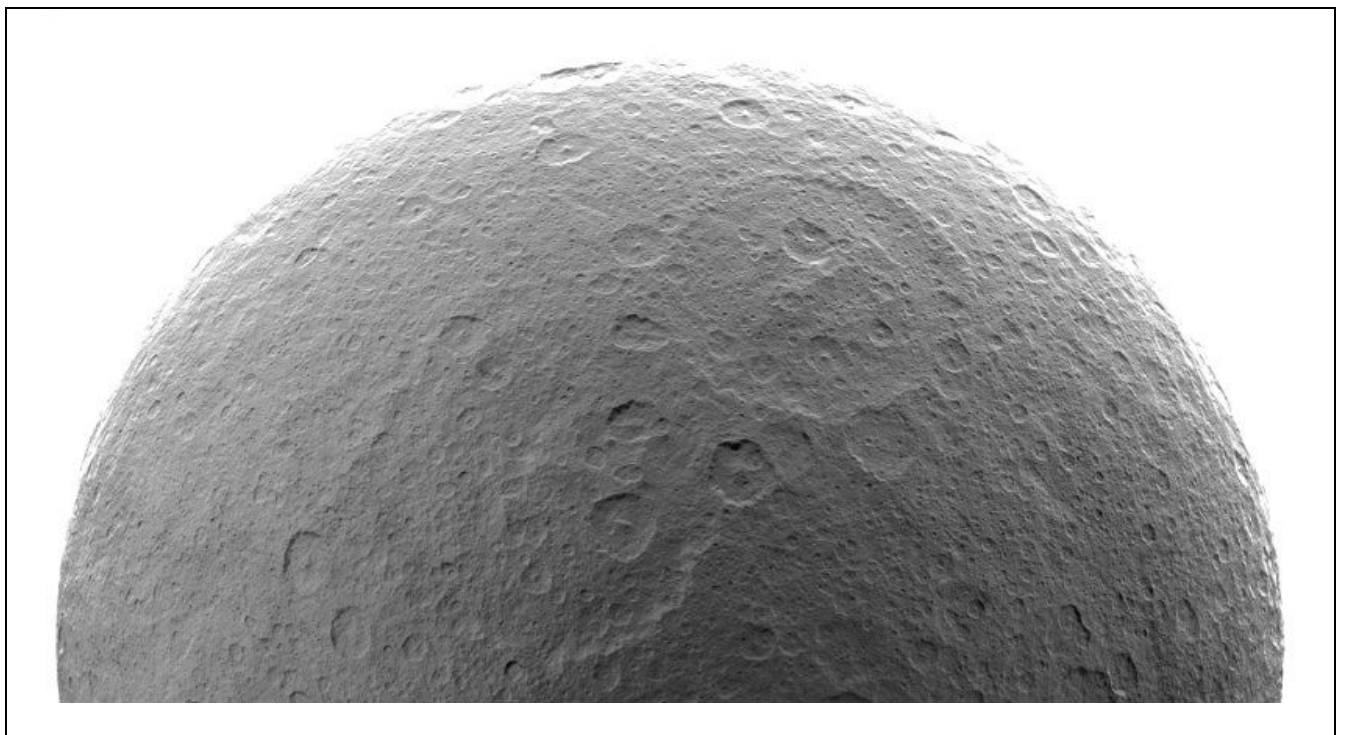
Робочий матеріал для завдання 1 (Credit NASA, Cassini).



Мімас та кратер Одісей

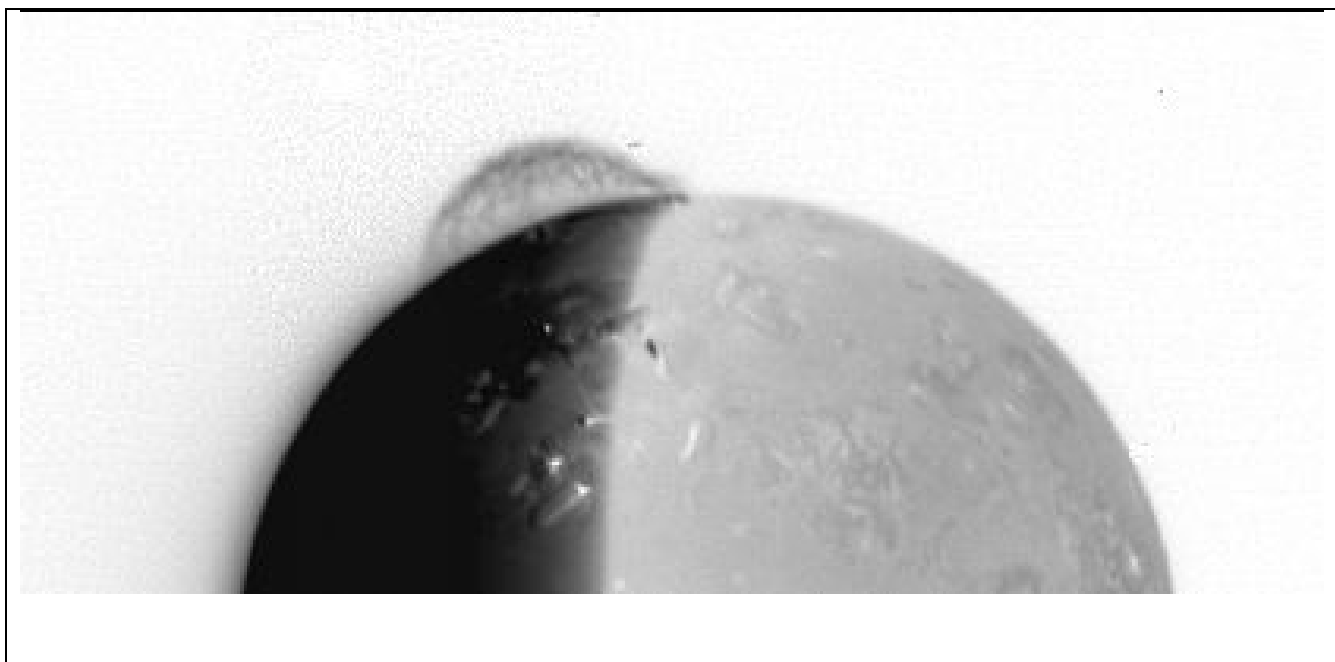


Япет



Рея

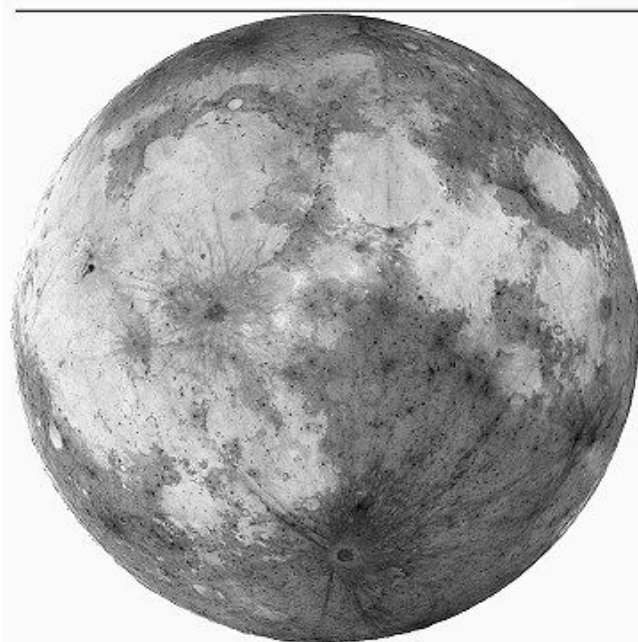
Робочий матеріал для завдання 2 (Credit NASA, New Horizons).



Io

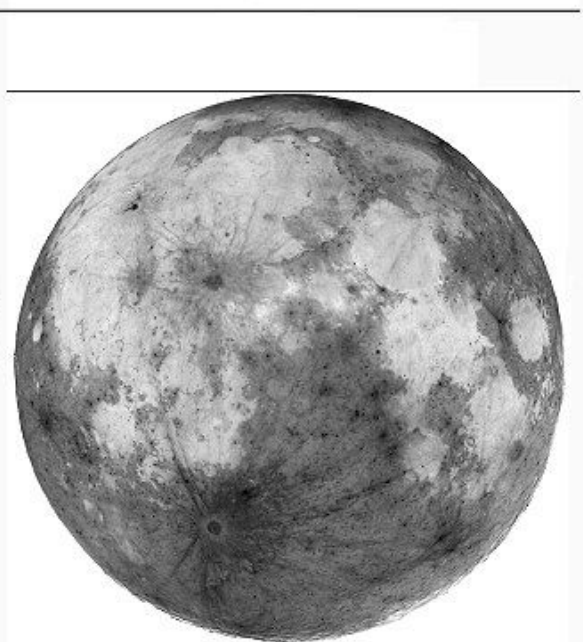
Робочий матеріал для завдання 3 (NASA, APOD)

Perigee



2010-01-30

Apogee



2010-08-25

Робочий матеріал для завдання 4.

Пряма Стіна (The Straight Wall, Rupes Recta) – найвідоміший тектонічний розлом на поверхні Місяця, розташований поблизу східного берега Моря Хмар (Mare Nubium). Проте, спостерігати її можна тільки на 8-й та 21-й день Місяця.



Карта Місяця. Пряма позначає нульовий меридіан Місяця. Карту було створено за допомогою Virtual Moon Atlas.

Таблиця 2.1

Деякі кратери на Місяці

№	Назва	Розмір
1.	Море Хмар (Mare Nubium)	750–850 км
2.	Кратер Арзахель (Crater: Arzachel)	97 км
3.	Кратер Альфонс (Crater: Alphonsus)	111 км
4.	Кратер Птолемея (Walled plain: Ptolemaeus)	154 км
6.	Кратер Табіт (Crater: Thebit)	55 км
	Кратер Табіт А (Crater: Thebit A)	20 км
7.	Кратер Пурбах (Crater: Purbach)	115 км



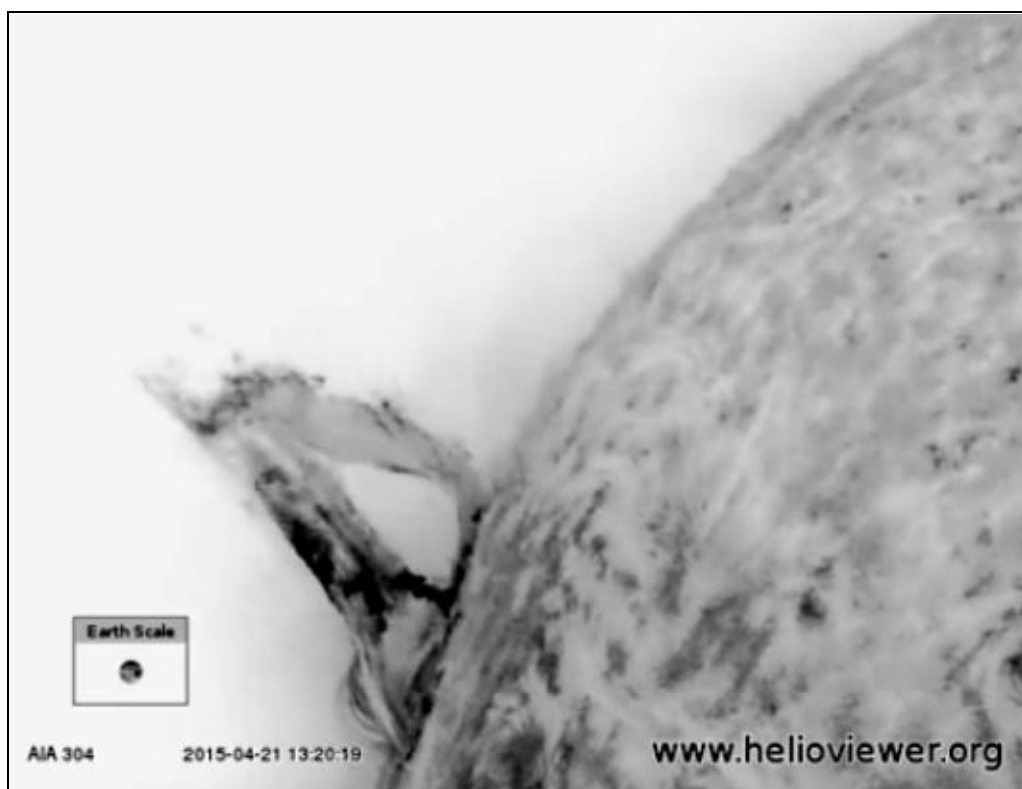
Реальна фотографія Місяця на 8-й день.
(АВТОР: Артем Читайло, Фотогалерея Астродрома), робочий матеріал

Робочий матеріал для завдання 5 (NASA, APOD)
Місяць. Системи променів від кратерів



Робочий матеріал для завдання 6.

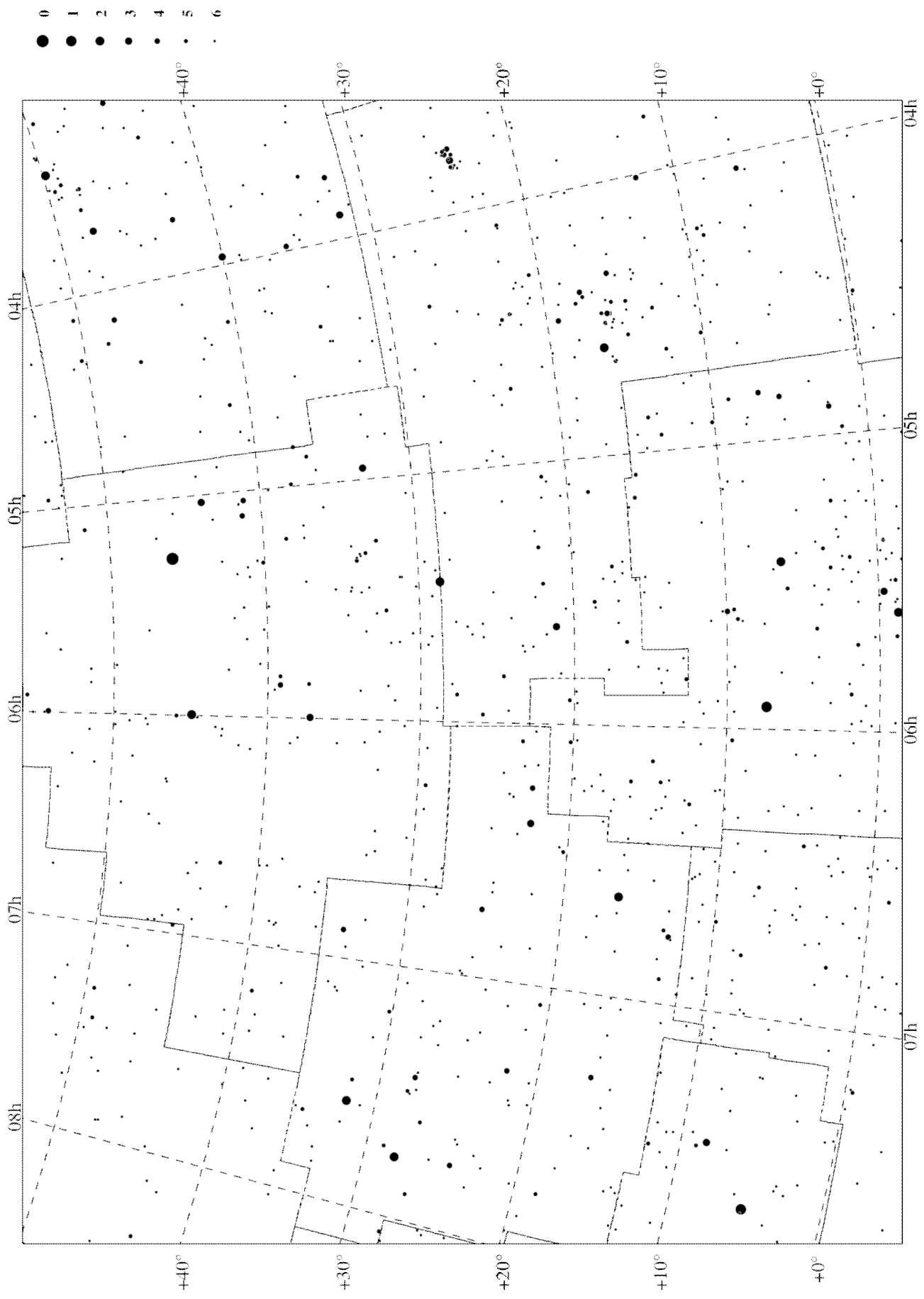
Розвиток еруптивного протуберанця на Сонці 21 квітня 2015 року. Час для кожного кадру наведено на самому кадрі.



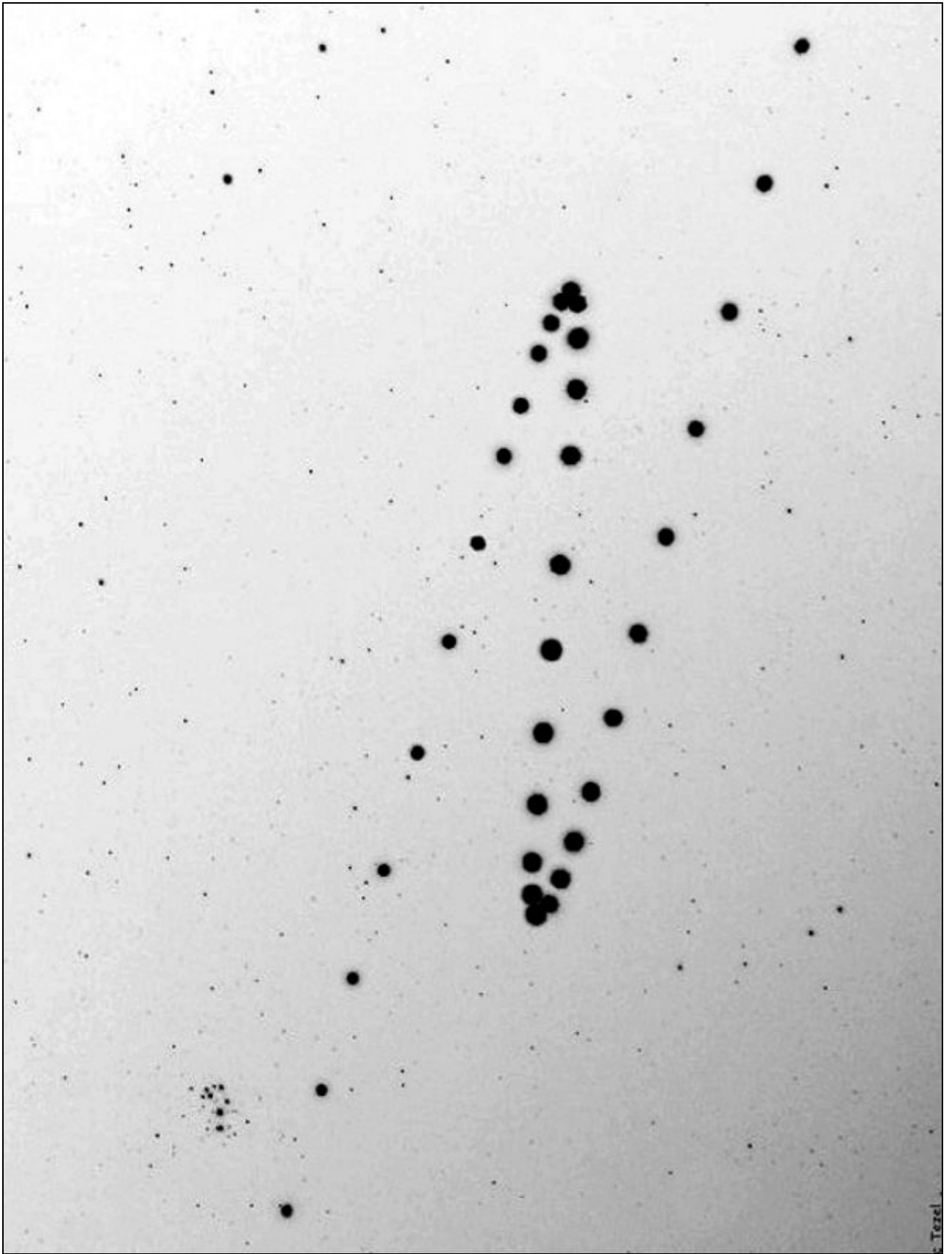


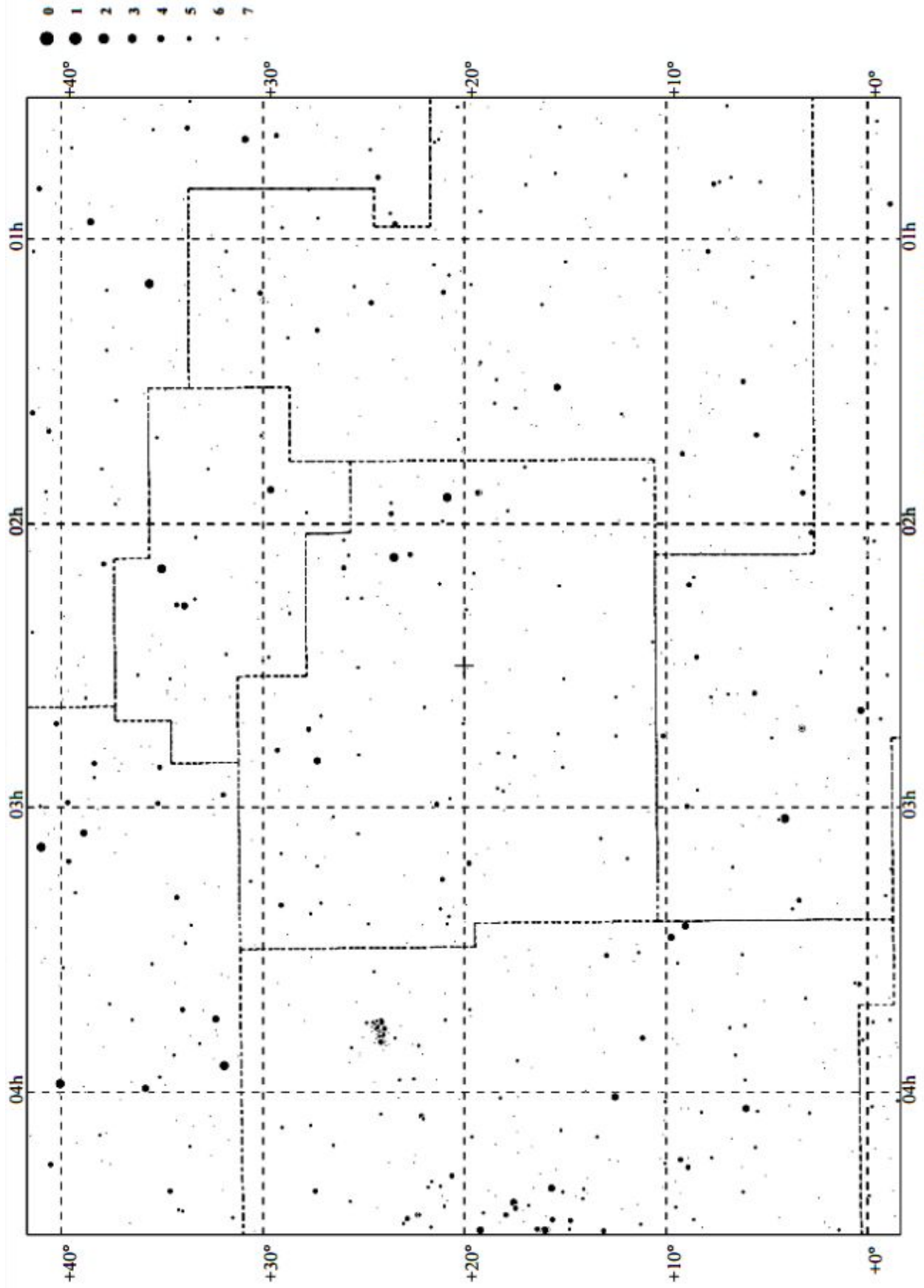
Робочий матеріал до завдання 1.7



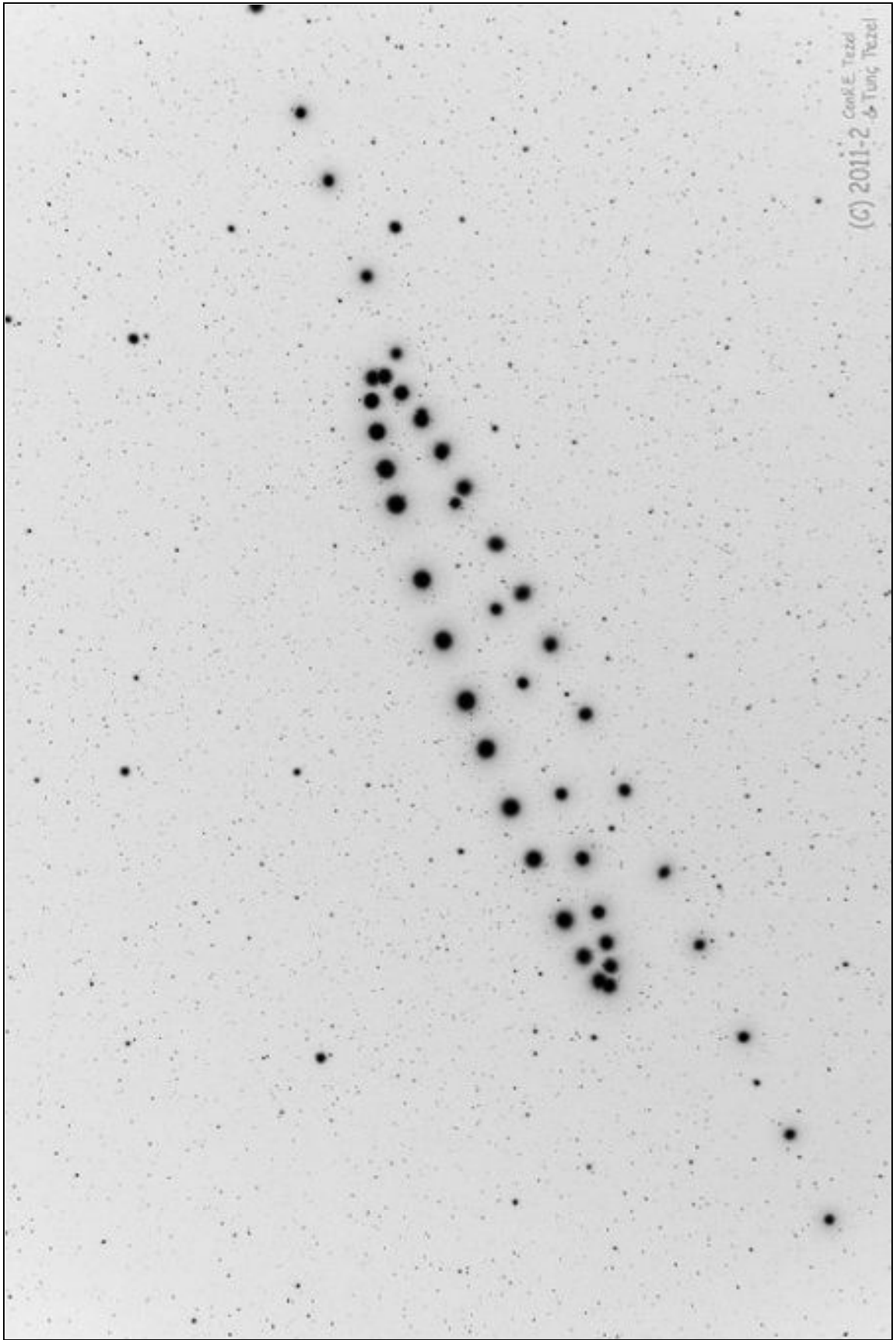


Map produced by SkyMap Online. <http://www.astronet.ru/>

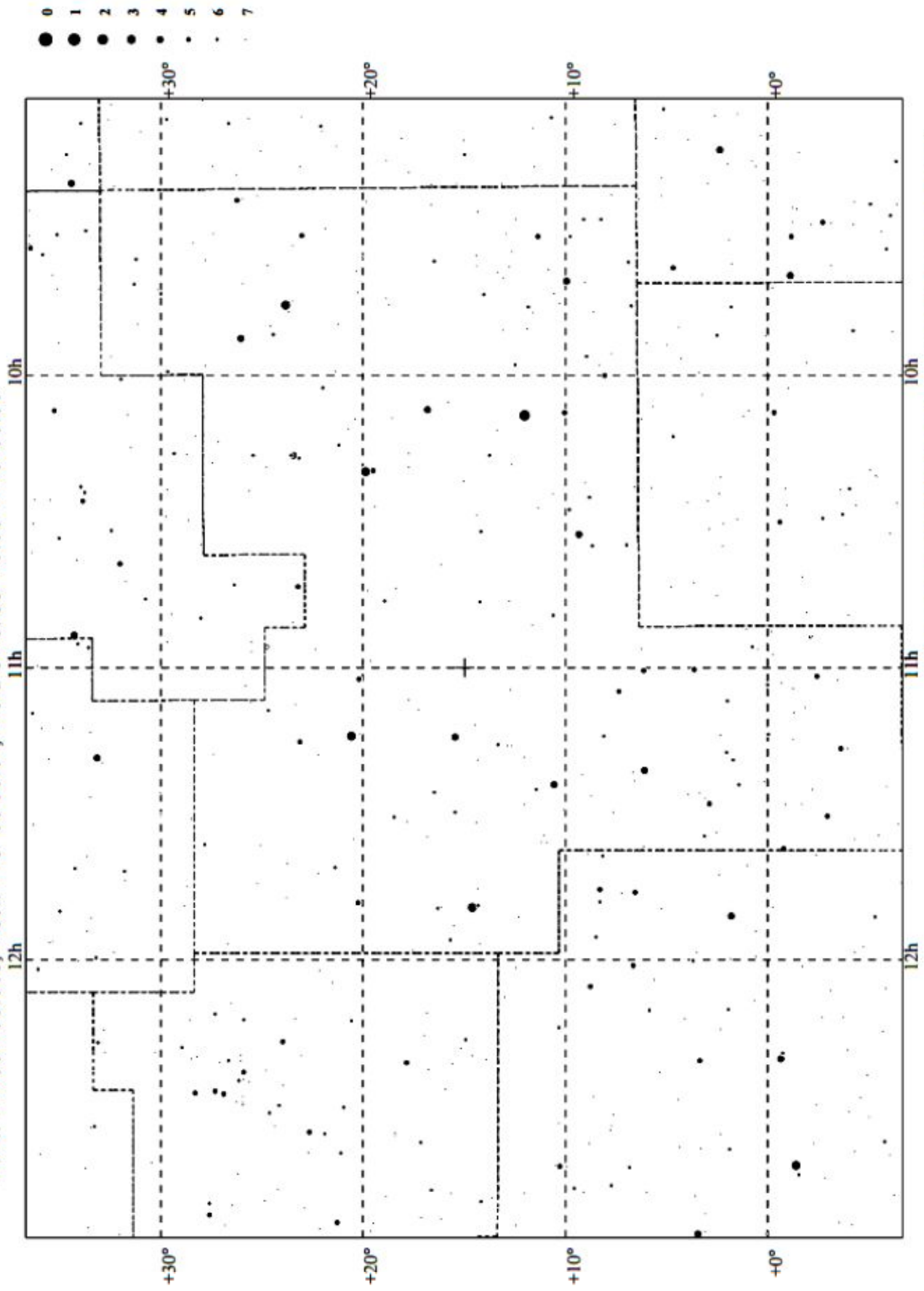




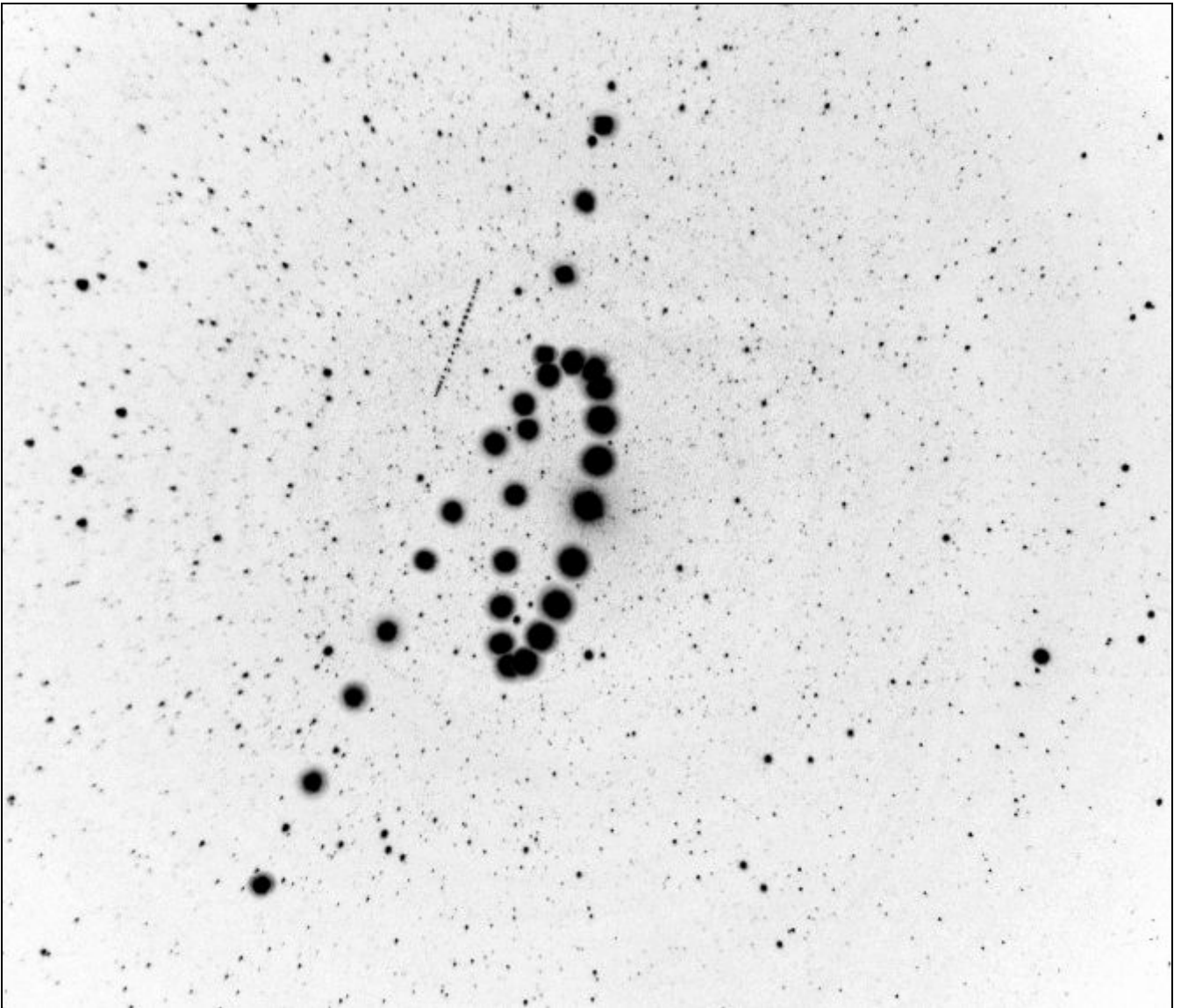
Map produced by SkyMap Online. <http://www.astronet.ru/>

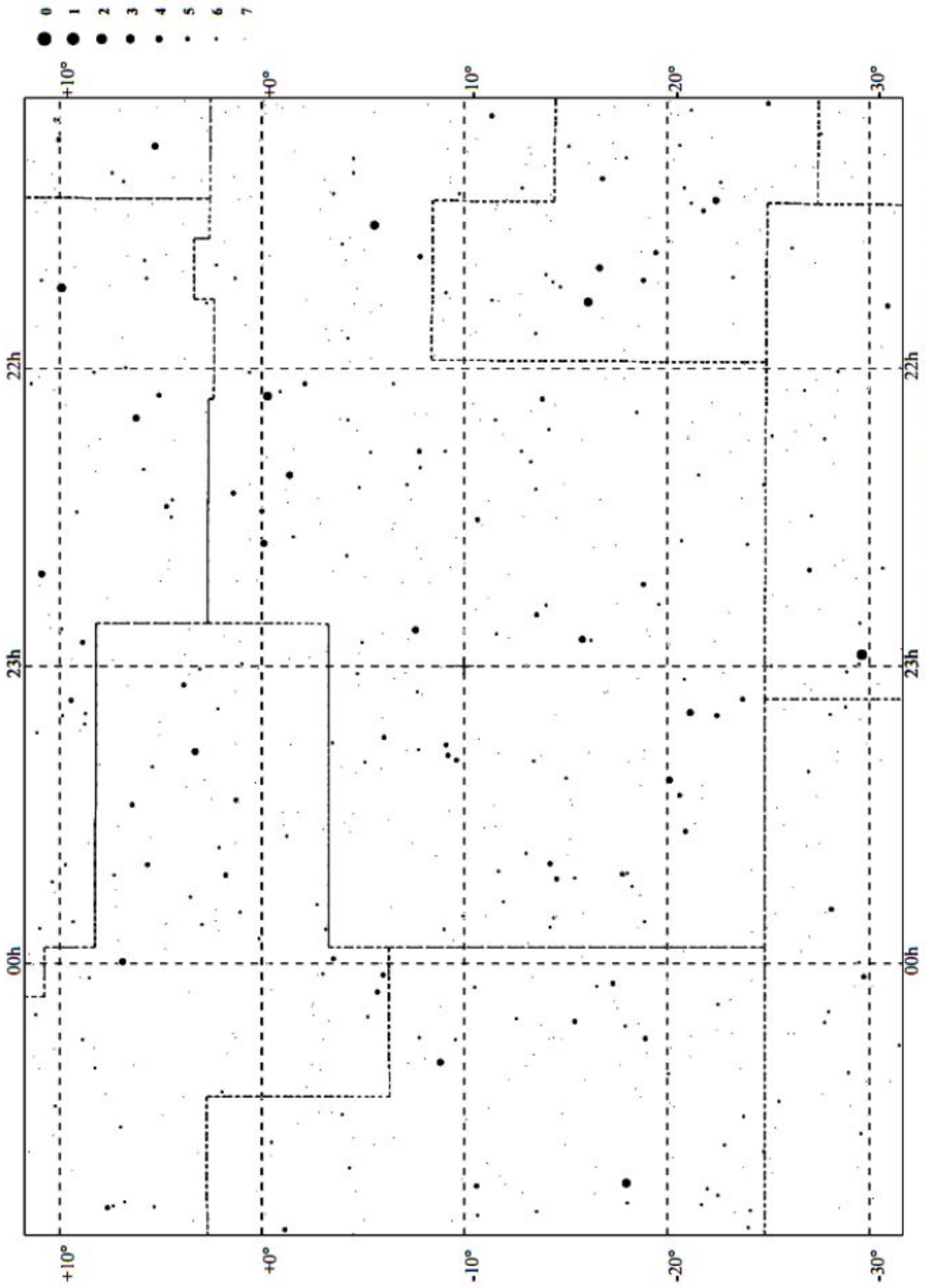


R.A.: 11h00m00.00s, Dec.: +15°00'00.0", Field Size: 53°20.00' x 40°00.00'

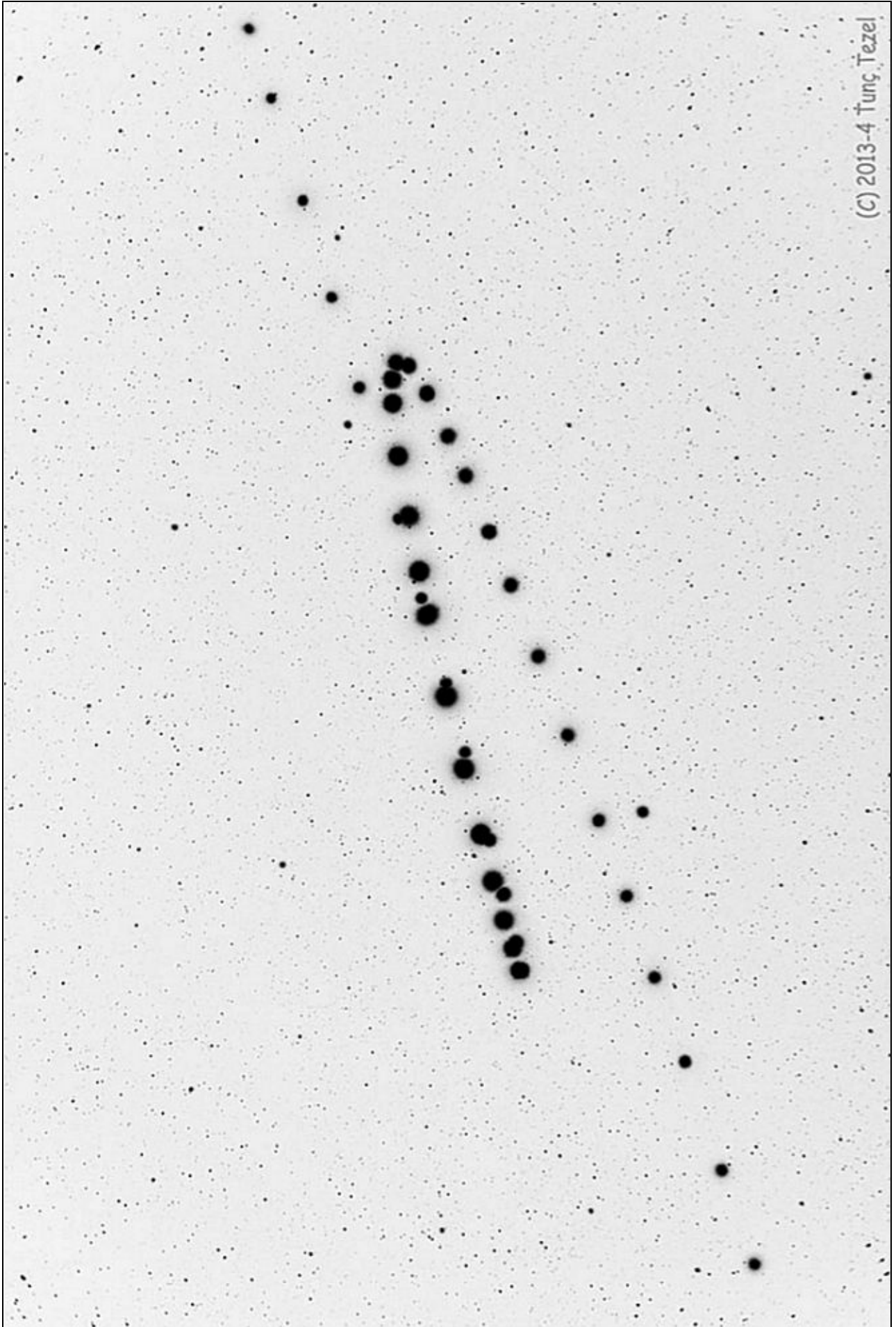


Map produced by SkyMap Online. <http://www.astronet.ru/>

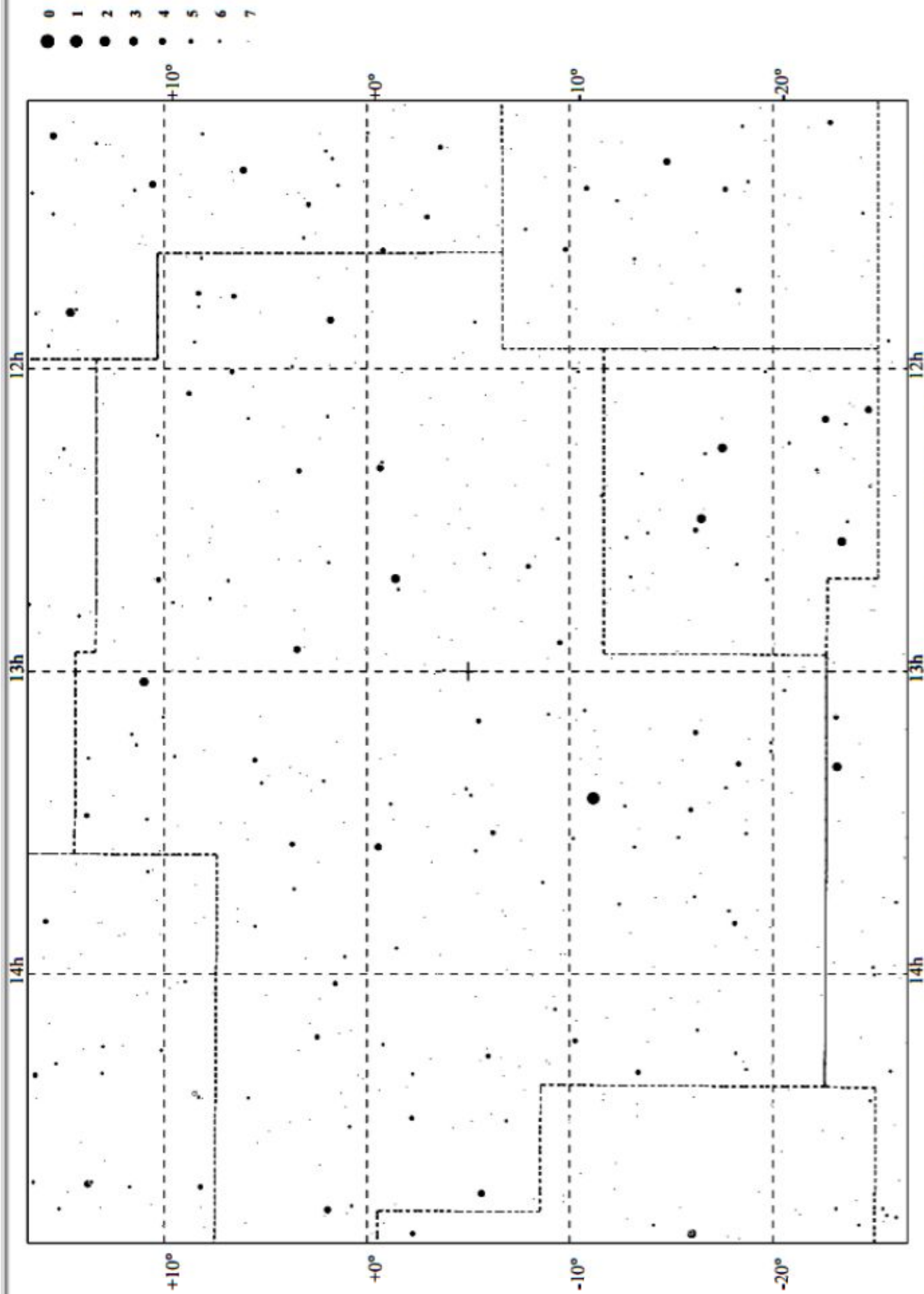


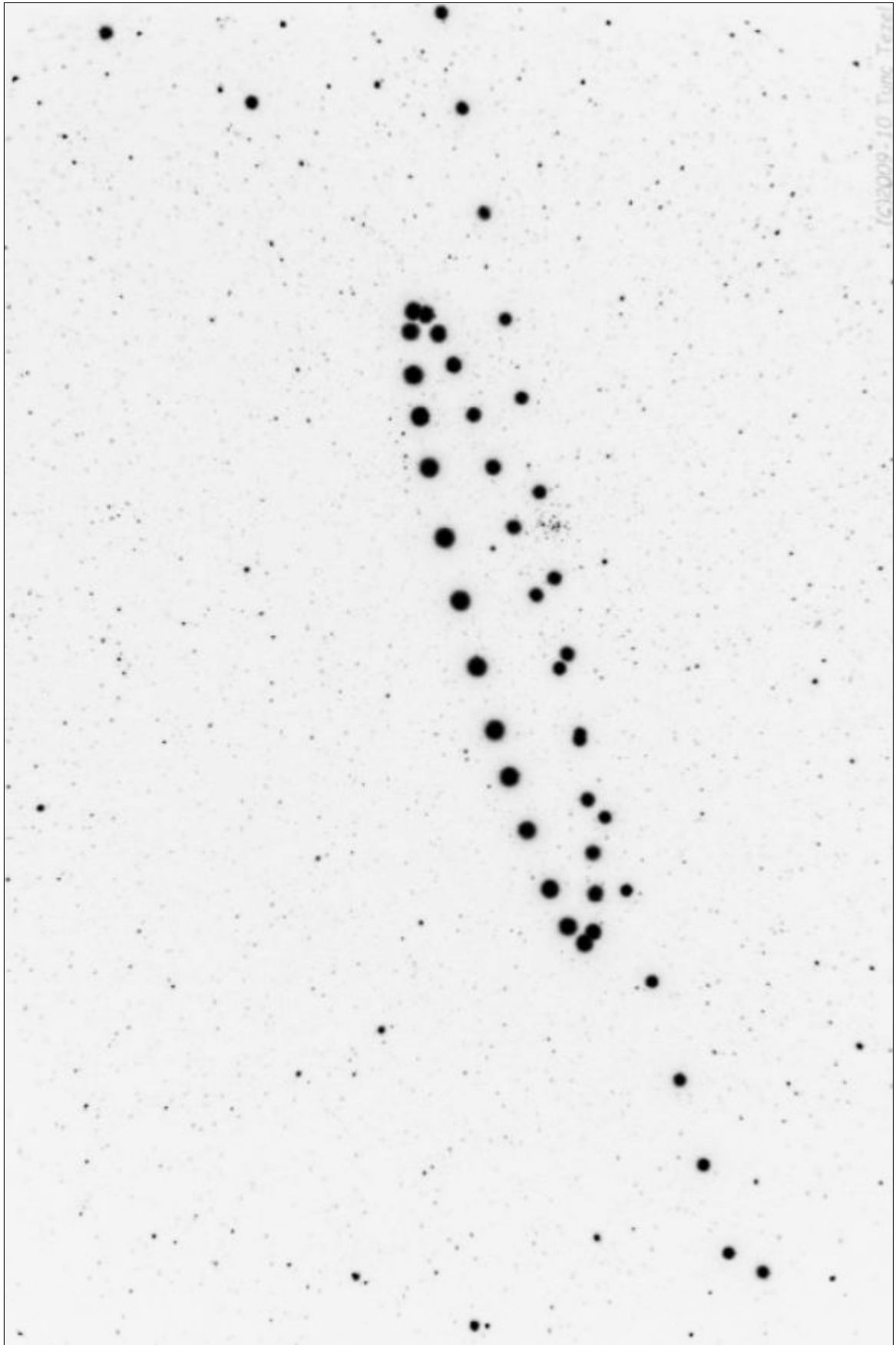


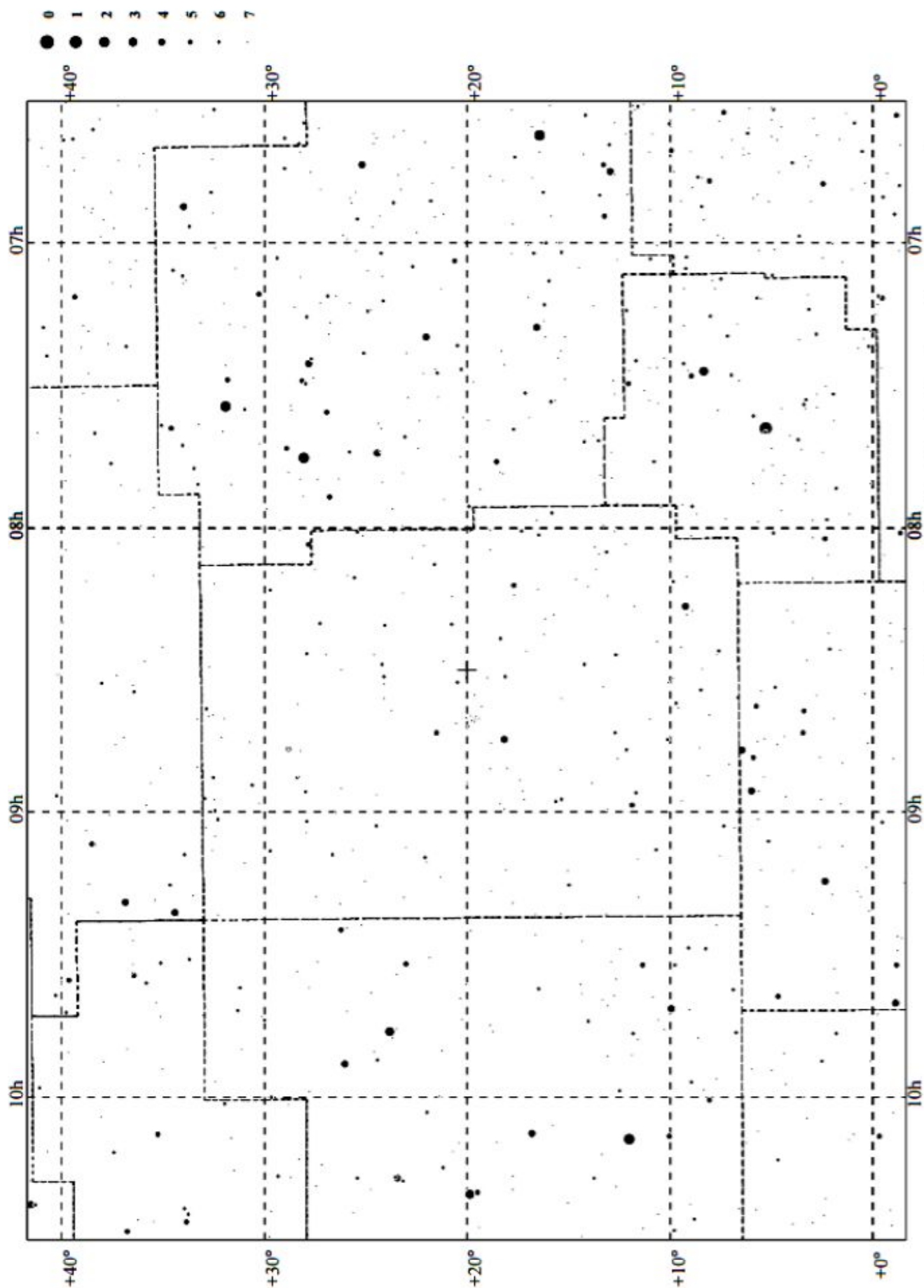
Map produced by SkyMap Online. <http://www.astronet.ru/>



(C) 2013-4 Tunç Tezel







Map produced by SkyMap Online. <http://www.astronet.ru/>

ЛІТЕРАТУРА

1. Андрієвський С. М., Климишин І. А. Курс загальної астрономії. – Одеса: Астропринт, 2007. – 480 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://lexikoukr.ho.ua/lumber/scien_astronomy/Andrievsky_Klymyshyn_Kurse_Astro.html
2. Кононович Э. В., Мороз В. И. Общий курс астрономии. – М., УРСС, 2004 г.
3. Климишин І. А., Гарбузов Г. О., Мурніков Б. О., Кабанова Т. І. Астрономія. – Одеса: Астропринт, 2012. – 352 с.
4. Кузьменков С. Г., Сокол І. В. Сонячна система: збірник задач / Навчальний посібник. – Київ: Вища школа, 2007. – 168 с.
5. Кузьменков С. Г. Зорі: астрофізичні задачі з розв'язанням / Навчальний посібник. – Київ: Освіта України, 2010. – 206 с.
6. Куликовский П. Г. Справочник любителя астрономии. – М., УРСС, 2002 г..
7. Рей Г. Звезды. – М.: Мир, 1969 г.
8. Астрономічний енциклопедичний словник / за загальною ред. І. А. Климишина та А. О. Корсунь. – Львів: Львів, 2003. – 548 с.
9. Климишин І. А. Астрономія. – Львів: Світ, 1993. – 384 с.
10. Чепрасов В. Г. Практикум з курсу загальної астрономії – Київ, 1976.
11. Одесский астрономический календарь, поточний рік.

Інформаційні ресурси

1. <http://www.chair.astro-observ.odessa.ua/literature.php>
2. «Открытая астрономия» Полный интерактивный курс астрономии для учащихся школ, лицеев, гимназий, колледжей, студентов технических вузов. ООО «Физикон», 2002
3. Український астрономічний портал. <http://www.astrosvit.in.ua/mapy/mapy-karty-i-atlasy-zorianoho-neba>
4. [Taki's 8.5 Magnitude Star Atlas](#) — атлас зоряного неба, підготовлений японським аматором астрономії Тошімі Таки (Toshimi Taki).
5. [Mag 7 Star Atlas](#) — атлас зоряного неба, що містить усі зорі до 7,25 зоряної величини, підготовлений Ендрю Джонсоном (Andrew L. Johnson).
6. [The TRIATLAS Project Second Edition](#) (April 2008 – March 2009) — атлас зоряного неба з об'єктами до 13-ї зоряної величини, підготовлений Хосе Торресом (José Ramón Torres) і Кейсі Склтоном (Casey Skelton).
7. [Herschel 800 atlas](#) — атлас, що містить 800 пошукових мап кращих об'єктів зоряного неба з каталогу Гершеля. Автор мап Michiel Brentjens.
8. Атлас и каталог. Ед Важов www.eproject.ru