

АСТРОНОМИЯ БОЙЫНША ЕСЕПТЕР ЖИНАҒЫ

Алматы
«Қазақ университеті»
2023

ӘОЖ 52(075.8)

КБЖ 22.6873

А 89

*Баспаға әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің
физика-техникалық факультеті Ғылыми кеңесі мен
Редакциялық-баспа кеңесі шешімімен ұсынылған
(№1 хаттама, 29.09.2022 ж.)*

Пікір жазғандар:

физика-математика ғылымдарының кандидаты **Р.Р. Валиуллин**,
PhD докторы **К.А. Бошқасев**

А 89 Астрономия бойынша есептер жинағы / М.Т. Қаламбай,
Н.Ш. Алимгазинова, А.Ж. Наурызбаева, А.М. Демесинова,
Б.Т. Шукиргалиев. – Алматы: Қазақ университеті, 2023. –
144 с.

ISBN 978-601-04-6131-4

Есептер жинағы физика және астрономия бойынша негізгі бөлімдерді меңгеруге бағытталған. Әр бөлімде қысқаша теориялық түсініктеме мен соған байланысты есептер келтірілген. Әр тақырыптың соңында есептерді талдау жолдары да көрсетілген. Кітаптың соңында есепті шығару барысында қолданылатын кестелер жинағы да енгізілген.

Кітап “5В061100/6В05306 Физика және астрономия” мамандығының студенттері мен жаратылыстану бағытындағы астрономияны тереңдетіп оқытатын мектеп оқушыларына арналған.

ӘОЖ 52(075.8)

КБЖ 22.6873

© Қаламбай М.Т., Алимгазинова Н.Ш., Наурызбаева А.Ж.,
Демесинова А.М., Шукиргалиев Б.Т., 2023

ISBN 978-601-04-6131-4

© Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, 2023

КІРІСПЕ

Кітаптың мазмұны ғылымның теориялық негіздеріне қолданылатын нақты есептермен жабдықталған. Есептер жалпы астрономия курсы мен бағытталған.

Әрбір бөлімде есептер өсу ретімен, яғни оңайтылғанынан бастап салыстырмалы түрде қиындатылғанына қарай орналастырылған. Есептерге қысқаша теориялық түсіндірме мен талдаулар көрсетілген. Бұл түсіндірмелер әр бөлімнің тақырыбына қарай әртүрлі өлшемде беріледі.

Есептер жалпы астрономия курсының барлық тақырыптарын қамтитын ғылыми мәліметтерге сүйене отырып жасалынған. Берілген есептердің көбінде бірнеше аспан денелері үшін немесе аспан құбылыстарын жердің әр түрлі орнында тұрып бақылау үшін шығару ұсынылған. Ол өз кезегінде, бірдей есептермен бірнеше студент жұмыс жасауға болатынын көздейді. Онымен қоса, оқытушы өзі бір нұсқасын шығарып көрсетіп, қалған нұсқаларын студенттерге өзіндік жұмыс ретінде беруге болатыны да қарастырылған.

Айта кету керек, астрофизика ауқымды ғылым болғандықтан ондағы бөлімдер бір-бірімен тығыз байланысқан болады да, есептерді бәріне біркелкі тарата салу қиынға соғанды. Сондықтан кейбір есептерді шығару барысында басқа бөлімдерге жүгіну керектігі туындайды.

Аспан сферасы, ғаламшарлардың конфигурациясы және жасанды серіктерді ұшыру сынды есептерді шығару барысында сызбаларды салуға кеңес береміз. Бұл өз кезегінде есептерді шығаруды жеңілдетеді, әрі студенттің теориялық формулалар мен олардың қорытындылары шынайы нәтижелер екенін түсінуге көмектеседі.

Шынайы ғылыми жұмыстар нәтижелердің дәл келуін талап етеді, ал есептерді шығару кезінде есептер дәл келмеуімен айрықшалаанады. Сондықтан есептердің жауабы берілген жауаптармен дәл келмеуі мүмкін. Оқытушы студенттердің тапқан жауаптарын мүмкін болатын қателік аясында дөңгелектеуіне болады.

Кітаптың соңында есептерді шығару барысында қолданылатын кестелер көрсетілген: уақыт бірліктерін градустық бірліктерге ауыстыру, градустық бірліктерді уақыт бірліктеріне ауыстыру және т.с.с. Есептерге жауаптар кестелерге дейін берілген.

СФЕРАЛЫҚ ЖӘНЕ ПРАКТИКАЛЫҚ АСТРОНОМИЯНЫҢ НЕГІЗГІ ТҮСІНІКТЕРІ

§1. Шырақтың шарықтауы. Әртүрлі географиялық параллельдердегі жұлдызды аспанның түрлері

Жер бетінің әрбір нүктесінде әлем полюсінің биіктігі h_p сол орынның (нүктенің) географиялық ендігіне φ тең:

$$h_p = \varphi \quad (1)$$

ал, аспан экваторы жазықтығы мен аспан параллельдері жазықтығы шын көкжиекке i көлбеу бұрыш жасай орналасқан:

$$i = 90^\circ - \varphi \quad (2)$$

Аспан сферасының кез-келген нүктесінде шырақтың h биіктігі және z зениттік қашықтығы бір-бірімен мынадай тәуелділікте байланысқан:

$$h + z = 90^\circ \quad (3)$$

Жоғарғы шарықтау кезінде (1-сурет) еңкеюі $\delta < \varphi$ (M_1, M_2, M_3 шырақ) шырақ зениттен оңтүстікке қарай аспан меридианын қиып өтеді (S оңтүстік нүктесінен жоғары немесе төмен) және оның зениттік қашықтығы:

$$z_{ж} = \varphi - \delta \quad (4)$$

Биіктігі:

$$h_{ж} = (90^\circ - \varphi) + \delta \quad (5)$$

Азимуты $A_{ж} = 0^\circ$, сағаттық бұрышы $t_{ж} = 0^\circ = 0^c$

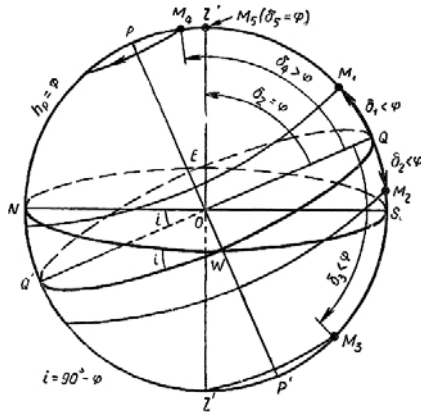
Ал еңкеюі $\delta > \varphi$ шырақ (M_4) жоғарғы шарықтау кезінде зениттен солтүстікке қарай аспан меридианын қиып өтеді, (N солтүстік нүктесінен жоғары) зенит пен әлем полюсінің солтүстік нүктесінің аралығында орналасады және оның зениттік қашықтығы

$$z_{\text{ж}} = \delta - \varphi \quad (6)$$

Биіктігі:

$$h_{\text{ж}} = (90^0 - \delta) + \varphi \quad (7)$$

Азимуты $A_{\text{ж}} = 180^0$, сағаттық бұрышы $t_{\text{ж}} = 0^0 = 0^c$



1-сурет. Шырақтың жоғарғы шарықтауы

Төменгі шарықтау кезінде (2-сурет) шырақ аспан меридианын әлем полюсінің солтүстігінде қиып өтеді, батпайтын шырақ (M_1) – солтүстік нүктесінен жоғары, бататын шырақ (M_2, M_3) және шықпайтын шырақ (M_4) – солтүстік нүктесінен төмен орналасқан.

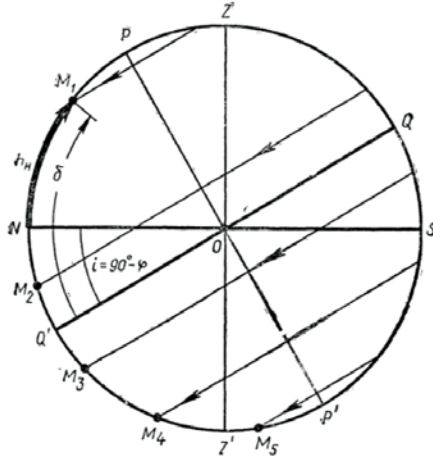
Төменгі шарықтау кезіндегі шырақтың биіктігі:

$$h_{\text{т}} = \delta - (90^0 - \varphi) \quad (8)$$

Зениттік қашықтығы:

$$z_T = 180^\circ - \delta - \varphi \quad (9)$$

Азимуты $A_T = 180^\circ$, сағаттық бұрышы $t = 180^\circ = 12^c$.



2-сурет. Шырақтың төменгі шарықтауы

φ ендікке байланысты, еңкеюі $\delta < 0^\circ$ болатын M_5 шырақ төменгі шарықтау кезінде S оңтүстік нүктесінен төмен орналасады. Азимуты $A_T = 0^\circ$, сағаттық бұрышы $t_T = 180^\circ = 12^c$. Бұл жағдайдағы есепті шешкенде $z_T > 180^\circ$ және $h_T < -90^\circ$ болуы мүмкін емес және шынайы зениттік қашықтығы $z = 360^\circ - z$, биіктігі $h = -(180^\circ + h_T)$, бірақ биіктігі әрқашан да $h = 90^\circ - z$ тең. Зенитке қатысты шарықтау бағыты келесідей белгіленеді: S-оңтүстікке қарай шарықтауланған, N-зениттен солтүстікке қарай шарықтауланған. (8) формуладан еңкеюі:

$$\delta \geq +(90^\circ - \varphi) \quad (10)$$

Биіктігі $h_T \geq 0^\circ$ болатын шырақ ешқашан көкжиектен төмен өтпейді, яғни батпайтын шырақ. Ал (5) формулаға сәйкес шықпайтын шырақтың биіктігі және еңкеюі:

$$\delta \leq -(90^0 - \varphi) \quad (11)$$

Мысалдар

1. Төменгі және жоғарғы шарықтау кезіндегі Капелла жұлдызының (Сарбаз жұлдызының α -сы) географиялық ендігі $\varphi = 45^0 58'$ және солтүстік полярлық шеңберде $\varphi = +66^0 33'$ болатын солтүстік тропиктегі ($\varphi = 23^0 27'$) зениттік қашықтығын, биіктігін, азимутын және сағаттық бұрышын анықтаңыз. Капелла жұлдызының еңкеюі: $\delta = +45^0 58'$.

Берілгені: Капелла (Сарбаз жұлдызының α -сы), $\delta = +45^0 58'$; солтүстік тропикте, ($\varphi = 23^0 27'$); жұлдыздың географиялық ендігі $\varphi = 45^0 58'$ солтүстік полярлық шеңберде $\varphi = +66^0 33'$.

Шешуі: Солтүстік тропиктегі Капелла жұлдызының еңкеюі $\delta = +45^0 58' < \varphi$, сондықтан (6) және (3) формулаларды қолданамыз:

$$z_{ж} = \delta - \varphi = +45^0 58' - 23^0 27' = 22^0 31' N$$

$$h_{ж} = 90^0 - 22^0 31' = +67^0 29' N$$

Азимуты $A_{ж} = 180^0$, сағаттық бұрышы $t_{ж} = 0^0 = 0^c$.

$\varphi = 45^0 58' = \delta$ географиялық ендікте Капелланың зениттік қашықтығы $z_{ж} = \delta - \varphi = 0^0$. Жоғарғы шарықтау кезінде ол зенитте орналасады, ал биіктігі $h_{ж} = 90^0$, сағаттық бұрышы $t_{ж} = 0^0 = 0^c$, азимуты анықталмаған. Капелла жұлдызының еңкеюі $\delta < \varphi = +66^0 33'$ болатын солтүстік полярлық шеңберде сол шамалар (4) және (3) формулаларымен анықталады:

$$z_{ж} = \varphi - \delta = +66^0 33' - 45^0 58' = 20^0 35' S$$

$$h_{ж} = 90^0 - z_{ж} = 90^0 - 20^0 35' = 69^0 25' S$$

Азимуты $A_{жс} = 0^0$, сағаттық бұрышы $t_{жс} = 0^0 = 0^c$.

Төменгі шарықтау кезіндегі Капелла жұлдызының биіктігі h_T және зениттік қашықтығы z_T (8) және (3) формулаларымен анықталады:

$$h_T = \delta - (90^0 - \varphi) = +45^058' - (90^0 - 23^027') = -20^035'N$$

төменгі шарықтау кезінде Капелла көкжиекке батпайды, ал зениттік қашықтығы:

$$z_T = 180^0 - h_T = 90^0 - (-25^035') = 110^035'N$$

Азимуты $A_T = 180^0$, сағаттық бұрышы $t_T = 180^0 = 12^c$.

Географиялық ендігі $\varphi = 45^058'$ жұлдыздың биіктігі

$h_T = \delta - (90^0 - \varphi) = +45^058' - (90^0 - 45^058') = 1^056'N$
шырақ батпайды.

$$z_T = 90^0 - h_T = 90^0 - 1^056' = 88^004'N$$

Азимут $A_T = 180^0$, сағаттық бұрышы $t_T = 180^0 = 12^c$
Солтүстік полярлық шеңберде $\varphi = +66^033'$

$$h_T = \delta - (90^0 - \varphi) = +45^058' - (90^0 - 66^033') = 22^031'N$$

және

$$z_T = 90^0 - h_T = 90^0 - 22^031' = 67^029'N$$

жұлдыз тағы да көкжиекке батпайды.

2. Капелла жұлдызы (Сарбаз жұлдызының α -сы) ($\delta = +45^058'$), қандай географиялық параллельдерде көкжиекте батпайды, ешқашан көрінбейді немесе төменгі шарықтауда надирден өтеді?

Берілгені: Капелла $\delta = +45^058'$.

Шешуі: (10) формула бойынша

$\varphi \geq (90^0 - \delta) = (90^0 - 45^058')$ осыдан $\varphi \geq 44^002'$ географиялық параллельде, $\varphi \geq 44^002'$ -ден солтүстікке қарай, жердің солтүстік полюсіне дейін ($\varphi = +90^0$) Капелла батпайтын жұлдыз болып саналады.

Аспан сферасының симметриялығынан Оңтүстік жартышарда Капелла жұлдызы сол орында географиялық ендігі $\varphi = -44^002'$ -тан оңтүстік географиялық полюске дейін ($\varphi = -90^0$) шықпайды.

(9) формулаға сәйкес Капелланың $\varphi = +90^0$ надирдегі төменгі шарықтауы $z_{жс} = 180^0 = 180^0 - \varphi - \delta$ болғанда Жердің оңтүстік жартышарында, географиялық параллельде $\varphi = -\delta = -45^058'$ ендікпен өтеді.

Есептер

1. Жер экваторында, солтүстік тропикте ($\varphi = 23^027'$), солтүстік полярлық шеңберде ($\varphi = 66^033'$) және солтүстік географиялық полюстегі әлем полюсінің биіктігін және аспан экваторының шынайы көкжиекке көлбеулігін анықтаңыз.

2. Мицар жұлдызының еңкеюі (ξ Үлкен аю) $+55^011'$ тең. Қызылжар ($\varphi = 54^053'$) мен Шымкент ($\varphi = 42^018'$) қалаларында жұлдыздың жоғарғы шарықтауы қандай зениттік қашықтықта және биіктікте болады?

3. Алиот (ξ Үлкен аю) және Антарес жұлдыздары Талдықорған ($\varphi = 45^001'$) және Орал ($\varphi = 51^022'$) қалаларында қандай ең аз зениттік қашықтықта және қандай ең үлкен биіктікте болады? Еңкеюлері сәйкесінше $+56^014'$ және $-26^019'$. Сол мезеттегі азимутын және сағаттық бұрышын көрсетіңіз.

4. Кей бақылауларда еңкеюі $+32^019'$ тең жұлдыз оңтүстік нүктеден $63^042'$ биіктікке көтеріледі. Жұлдыздың сол орындағы азимуты 180^0 бойынша зениттік қашықтығын және биіктігін анықтаңыз.

5. Алдыңғы есепті зениттен солтүстікке қарай ең аз зениттік қашықтығы $63^042'$ тең жұлдыз үшін шешіңіз.

6. Жоғарғы шарықтау кезінде зениттен, төменгі шарықтау кезінде надирден өту үшін солтүстік және оңтүстік бақылау орындарында жұлдыздың еңкеюі қандай болу қажет? Сол орындардың географиялық ендігін анықтаңыз.

7. Төменгі және жоғарғы шарықтау кезіндегі β Акку жұлдызының зениттік қашықтығын, биіктігін, азимутын және сағаттық бұрышын Жер экваторында ($\varphi = +27^{\circ}51'$), солтүстік және оңтүстік тропикте ($\varphi = \pm 23^{\circ}27'$), географиялық ендікте ($\varphi = \pm 27^{\circ}51'$), солтүстік және оңтүстік полярлық шеңберде ($\varphi = \pm 66^{\circ}33'$) және географиялық полюсте анықтаңыз. Төменгі және жоғарғы шарықтау кезінде табылған биіктік пен географиялық ендік арасындағы тәуелділік графигін тұрғызыңыз. Биіктіктің өзгеру заңдылығын және қай географиялық ендікте шарықтау түсінігі болмайтынын тұжырымдаңыз.

8. Бір бақылау орнында және бірдей шарықтауда екі жұлдыздың зениттік қашықтықтарының айырмасын анықтаңыз.

9. Υ Андромеда және α Торпақ жұлдыздарының еңкеюлері сәйкесінше $+42^{\circ}05'$ және $23^{\circ}14'$ тең. Осы жұлдыздар үшін алдыңғы есепті шешіңіз. Жезқазған ($\varphi = 47^{\circ}47'$) және Вашингтон ($\varphi = 38^{\circ}53'$) қалаларында бірдей шарықтауда жұлдыздың азимутының және сағаттық бұрыштарының айырмашылығын анықтаңыз.

10. Бір бақылау орнында және әр түрлі шарықтауда екі жұлдыздың зениттік қашықтықтарының айырмасын анықтаңыз.

11. Ақтөбе ($\varphi = 50^{\circ}18'$) және Сарыағаш ($\varphi = 41^{\circ}28'$) қалаларында жоғарғы шарықтауы оңтүстік нүктесінен жоғары өтетін жұлдыз үшін алдыңғы есепті шешіңіз.

12. Екі шарықтауы да зениттен солтүстікке қарай орналасқан Альдебаран (α Торпақ) жұлдызының ең үлкен және ең кіші биіктігінің айырмасын анықтаңыз. Бұл құбылыс қандай географиялық параллельдерде байқалады? Альдебаран жұлдызының еңкеюі $\delta = +16^{\circ}25'$.

13. Әр түрлі географиялық параллельдерде бірдей шарықтауда бір жұлдыздың зениттік қашықтықтарының айырмасын табыңыз.

14. Алиот (ξ Үлкен аю) және Спики (α Бикеш) жұлдыздарының Украинадағы Чернигов ($\varphi = 51^{\circ}30'$) және Донецк ($\varphi = 48^{\circ}00'$) қалаларындағы бақылаулары үшін алдыңғы есепті шешіңіз. Еңкеюлері сәйкесінше $+56^{\circ}14'$ және $-10^{\circ}54'$ тең.

15. α Үлкен аю жұлдызының еңкеюі $+62^{\circ}01'$, ал α Оңтүстік балық жұлдызының еңкеюі $-29^{\circ}54'$. Зениттен өтетін, оңтүстік

және солтүстік нүктелерінде шарықтауланатын жұлдыздың әлем полюсінің биіктігін және аспан экваторының сол географиялық параллельге көлбеулігін анықтаңыз. Екі шарықтауына қарап қорытынды шығарыңыз.

16. α Үлкен аю жұлдызы төменгі шарықтауында Киевтен ($\varphi = 50^{\circ}27'$) $h = +15^{\circ}19'$ биіктікте өтеді. Эдинбург ($\varphi = 55^{\circ}57'$) және Шымкент ($\varphi = 42^{\circ}18'$) ол тәулік бойы көкжиектен жоғары тұрады ма?

17. Денеб (α Аққу) жұлдызының еңкеюі $+45^{\circ}06'$ тең. Семей ($\varphi = 50^{\circ}24'$) және Ла-Плата ($\varphi = -34^{\circ}54'$) қалаларындағы көріну шартын жазыңыз.

18. Жұлдыз қандай еңкеюде Астанада ($\varphi = 51^{\circ}08'$), Тбилисида ($\varphi = +41^{\circ}42'$) және Канберрада ($\varphi = -35^{\circ}20'$) зениттен және надирден өтеді? Бұл қалалардағы көріну шарты қандай?

19. Вега (α Лира) және β Сарышаян жұлдыздары қандай географиялық параллельде шықпайды? Еңкеюлері сәйкесінше $+38^{\circ}44'$ және $-19^{\circ}40'$ тең.

20. Солтүстік жартышардың қандай географиялық параллельдерінде Толиман (α Центавра) және Канапус (α Киля) жұлдыздары көрінеді? Еңкеюлері сәйкесінше $-60^{\circ}38'$ және $-52^{\circ}40'$ тең. Бұл жұлдыздардың қайсысы Самарқандта ($\varphi = 39^{\circ}39'$) көрінеді?

21. Алголь (β Персей $\delta = +40^{\circ}46'$) және Антарес (α Сарышаян $\delta = -26^{\circ}19'$) жұлдыздары қандай географиялық параллельдерде шықпайды?

22. Үлкен Аю мен Оңтүстік Кресттің негізгі жұлдыздары көкжиектен шықпайтын, толығымен шығатын және бататын, сонымен қатар мүлде батпайтын белдеудегі географиялық ендіктерін табыңыз. Үлкен Аю жұлдызының еңкеюі $+62^{\circ}01'$ (α) –дан $+49^{\circ}26'$ дейін, ал Оңтүстік Крест жұлдызының еңкеюі $-62^{\circ}49'$ -дан $-56^{\circ}50'$ дейін.

§ 2. Күннің жылдық көрінерлік қозғалысы, жыл мезгілдерінің ауысуы және жылулық белдеулердің астрономиялық белгілері

Біздің дәуірде эклиптика аспан экваторына $\varepsilon = 23^{\circ}27'$ бұрышпен көлбеу жасап орналасқан, сондықтан жыл бойы күннің еңкеюі $\pm 23^{\circ}27'$ аралығында өзгереді. Жер өсінің көлбеулігі жер өсі мен жер орбитасы жазықтығына түсірілген перпендикуляр арасындағы бұрышпен анықталады.

Егер зенитте тұрған Күннен Жер бетінің бірлік ауданына келіп түскен жылу мөлшерін E_0 арқылы белгілесек, онда z зениттік қашықтықтағы Күннен сол бірлік ауданға келіп түсетін жылу мөлшері

$$E = E_0 \cos z \quad (12)$$

бұл Күннің z_1 және z_2 зениттік қашықтықтағы E_1 мен E_2 -ні салыстыруға мүмкіндік береді.

Азаматтық ымырт Күннің көкжиекке 7° ($h = -7^{\circ}$ және $z = 97^{\circ}$) батқанға дейін жалғасады. Егер Күннің төменгі шарықтауында да $h_T \geq -7^{\circ}$ ($z_T \leq 97^{\circ}$) болса, онда азаматтық ымырт Күн шыққанға дейін созылады және оны ақ түн деп атайды.

(8) формулаға $h_T = -7^{\circ}$ қойып, Күннің әртүрлі еңкеюі кезіндегі ақ түн болатын $h_T = -18^{\circ}$ әртүрлі орындардың географиялық ендігін табуға болады. Сол формулаға қойғанда, таңғы жарқыл толығымен жойылатын қараңғы түндер шекарасын береді. Егер $h_T = -0^{\circ},9$ болғанда, Күн дискінің жоғарғы шеті көкжиекке тиіп полярлық күннің басталуы мен аяқталуы анықталады. Полярлық күннің басталуы мен аяқталуы Күннің талтүстегі биіктігімен анықталады: $h_{жс} = -0^{\circ},9$ (немесе $z_{жс} = -90^{\circ},9$).

Ақ түн, полярлық түн, полярлық күннің периодының ұзақтығы Күннің еңкеюі есептелген немесе берілген күнтізбелік күндердің ұзақтығына сәйкес есептеледі, ал осы күндер астрономиялық күнтізбеден анықталады. Мұндай есептерді шешу кезінде Күннің еңкеюі мен географиялық ендігін $0^{\circ},1$ дәлдіктегі мәндермен қабылдау жеткілікті.

Мысалдар

1. Жазғы күн тоқырауында кезінде Күн солтүстік нүктеден $+72^{\circ}50'$ биіктікте болғанда, Күннің шарықтау шегі қандай географиялық ендікте болады? Сол ендікте қысқы күн тоқырауында күннің талтүстік және талтүндік биіктігі неге тең?

Берілгені: жазғы күн тоқырауы, $h_{жс} = +72^{\circ}50'N$; $\delta = +23^{\circ}27'$.

Шешуі. Күннің жазғы күн тоқырауында зениттің қашықтығы $z_{жс} = 90^{\circ} - h_{жс} = 90^{\circ} - 72^{\circ}50'N = 17^{\circ}10'N$, ал шарықтау зениттен солтүстікке қарай болғандықтан $\delta > \varphi$ және (6) формула бойынша $\varphi = \delta - z_{жс} = +23^{\circ}27' - 17^{\circ}10' = +6^{\circ}17'$.

Теңелу күндері $\delta = 0^{\circ}$ және (5) және (8) формулалар бойынша

$$h_{жс} = 90^{\circ} - \varphi = 90^{\circ} - 6^{\circ}17' = +83^{\circ}43'S$$

$$h_T = -(-90^{\circ} - \varphi) = -(90^{\circ} - 6^{\circ}17') = -83^{\circ}43'N$$

Қысқы тоқырау күні $\delta = -23^{\circ}27'$ болғандықтан $\delta < \varphi$, сондықтан

$$h_{жс} = 90^{\circ} - \varphi + \delta = 90^{\circ} - 6^{\circ}17' - 23^{\circ}27' = +60^{\circ}16'S$$

$$h_T = -90^{\circ} - \varphi + \delta = -(90^{\circ} - 6^{\circ}17') - 23^{\circ}27' = -107^{\circ}10'N$$

Төменгі шарықтаудағы биіктігі -90° -тан төмен бола алмайды. Сондықтан оның шынайы биіктігі

$$h_T = -(180^{\circ} - 107^{\circ}10') = -72^{\circ}50'S.$$

2. Географиялық ендігі $\varphi = +69^{\circ}41'$ болатын Амдерм қаласындағы ақ түннің периоды ұзақтығын және полярлық күн мен түннің ұзақтығын табыңыз.

Берілгені: $\varphi = +69^{\circ}41' = +69^{\circ},7$

Шешуі: (8) формулаға $h_T = -7^{\circ}$ және $\varphi = +69^{\circ},7$ қойғанда ақ түн болғандағы күннің еңкеюін есептейміз

$$\delta = h_T + (90^{\circ} - \varphi) = -7^{\circ} + (90^{\circ} - 69^{\circ},7) = +13^{\circ},3$$

Сол формулаға $h_T = -0^0,9$ қойғанда батпайтын күннің еңкеюі $\delta = +19^0,4$, ал шықпайтын күн үшін $\delta = \varphi - z_{жс} = 69^0,7 - 90^0,9 = -21^0,2$

Астрономиялық күнтүзбе арқылы күннің еңкеюі 26-сәуір мен 18-тамызда $\delta = +13^0,3$, 18-мамырмен 27-шілдеде $\delta = +19^0,4$, 28-қарашамен 15-қаңтарда $\delta = -21^0,2$ болатынын анықтаймыз.

Сол себептен Амдерм қаласында 26-сәуір мен 18-мамыр және 27-шілде мен 18-тамыз аралығында ақ түндер, 18-мамыр мен 27-шілде аралығында полярлық күн, 28-қараша мен 15-қаңтар аралығында полярлық түн болады.

Есептер

23. Күннің талтүс тоқырау кезіндегі зениттік қашықтығы зениттен оңтүстікке қарай $29^048'$ және $76^042'$ -ге тең. Күнді бақылаулар бойынша негізгі нүктелерінің экваторлық координаттарын және эклиптиканың еңкеюін анықтаңыз.

24. 3 мың жыл бұрын Күннің жазғы тоқырау кезіндегі талтүстік зениттік қашықтығы Жер бетінің бір жерінде $26^015'S$ тең болған, ал қысқы тоқырау кезінде талтүстік биіктігі сол жерде $+16^003'S$ тең. Сол дәуірде эклиптиканың аспан экваторы бойынша еңкеюі есептеңіз.

25. Алдыңғы есептің берілгені бойынша эклиптиканың жылдық өзгеруін және бұл өзгерістің нәтижесінің себебін түсіндіріңіз.

26. Күннің Қызылжар ($\varphi = 54^053'$), Киев ($\varphi = 50^027'$) және Ашхабадтағы ($\varphi = +37^045'$) зениттік қашықтықтары берілген, теңелулер мен тоқырау кезіндегі талтүстік және талтүндік биіктігін анықтаңыз.

27. Алдыңғы есептің берілгені бойынша есептелінген шамалар арасындағы заңдылықтарды анықтап көрсету, берілген үш қаланың қайсысында жазғы тоқырауға жақын уақытта ақ, жарық және қараңғы түндер болады.

28. 26 есепте көрсетілген мәліметтер бойынша қалалардың талтүсте теңелу мен тоқырау күндері кезінде Күннен қабылдайтын жылу мөлшерінің қатынасын анықтаңыз. Салыстыруды әр қала үшін жеке (күндер бойынша) және әр күн үшін қалалар бойынша жүргізу.

29. Күннің теңелу және тоқырау күндерінде жер экваторындағы, тропиктегі, полярлық шеңбердегі және географиялық полюстардағы талтүс пен талтүндік биіктігін табыңыз.

30. Алдыңғы есепте көрсетілген орындардағы теңелу және тоқырау күндеріндегі талтүстегі қабылданатын жылу мөлшерін анықтаңыз. Салыстыруды әр орын (әр түрлі күндерге) мен әр аймақтарда (әр күн үшін) жүргізу керек.

31. Еңкеюі $+21^{\circ}19'$ және $-16^{\circ}43'$ болған кезде қай географиялық параллельде Күн шықпайды және зенит арқылы өтеді?

32. Географиялық ендігі $+7^{\circ}48'$ және $-18^{\circ}35'$ болған сәтте жылдың қай күндерінде Күн экватордың зениті және надирі, тропигі және жер параллельдері арқылы өтеді? (Кейбір уақыттарды астрономиялық күнтізбе бойынша нақтылау керек).

33. Зениттік қашықтығы зениттен солтүстікке қарай $10^{\circ}41'$ -ге тең болғанда, қай географиялық ендікте Күн жазғы күн тоқырауы кезінде шарықтауланады? Және дәл сол ендіктегі Күннің талтүстік және талтүндік биіктігі қаншаға тең?

34. Жоғарыдағы есепті зениттік қашықтықты оңтүстікке қарай деп алып шешіңіз.

35. Марс (Қызыл жұлдыз), Юпитер (Есекқырған) және Уран планеталарының тропиктерінің және полярлық шеңберлерінің планетаграфиялық ендігін табыңыз. Планеталар өсінің еңкею бұрышы берілген: Марс (Қызыл жұлдыз) $24^{\circ}48'$, Юпитер (Есекқырған) $3^{\circ}07'$ және Урандікі 98° (еңкею бұрышы 90° -нан асса планетаның кері айналуын білдіреді).

36. Алдыңғы есептің нәтижелері бойынша планеталардағы тропиктердің және полярлық шеңберлердің орналасуының ерекшеліктерін атап өтіңіз, Жердікімен салыстырыңыз. Сонымен қатар осы планета аспанындағы Күннің еңкею шегінің өзгеруін анықтаңыз.

37. Күннің жазғы тоқырау және күн мен түннің теңелуі сәтіндегі талтүсте Уранның солтүстік тропигі мен солтүстік полярлық шеңбері қабылдайтын жылудың қатынасын есептеңіз және Уранның Күнді айналу барысындағы әр зонасының энергия қабылдау шартына түсінік беріңіз. Уранның Күнді айналу периоды шамамен 84 жыл, ал өсінің еңкею бұрышы 98° .

38. Күннің еңкеюі қаншаға тең болғанда Ленинградта ($\varphi = +59^{\circ}57'$) және Архангельскте ($\varphi = +64^{\circ}34'$) ақ түндер болады? Және осы қалаларда полярлы түндер мен полярлы күндер болуы мүмкін бе?

39. Алдыңғы есептің нәтижесі бойынша және астрономиялық күнтізбе арқылы сол қалалардағы ақ түн периодының ұзақтығын анықтаңыз.

40. Астрономиялық күнтізбені пайдалынып, Мурманск ($\varphi = +68^{\circ}59'$) және Хатанге ($\varphi = +71^{\circ}58'$) қалаларындағы ақ түннің периодының ұзақтығын, полярлық күн мен полярлық түн ұзақтығын және ең үлкен талтүстік және талтүндік биіктігін анықтаңыз.

41. Тоқырау және теңелу күндері полярлық күннің, полярлық түннің, ақ және қараңғы түннің шекаралары қандай географиялық параллельдерге дейін созылады?

42. Күннің еңкеюі $\delta = +10^{\circ}$ және $\delta = +21^{\circ}$ кездерінде ақ түннің, полярлық күн және полярлық түннің периоды қандай географиялық параллельдерде басталып қандай географиялық параллельдерде аяқталады. Ол жылдың шамамен қандай күндерінде болады?

§3. Уақытты санау жүйелері

Жұлдыздық уақыт S көктемгі күн мен түннің теңелу нүктесінде сағаттық бұрышпен t_{γ} өлшенеді және сондықтан әрқашан $S = t_{\gamma}$. Аспан денесінің α тік шарықтауы мен сағаттық бұрышы

$$t = S - \alpha \quad (13)$$

S жұлдыздық уақыт λ географиялық бойлықпен S_0 гринвичтік жұлдыздық уақыт арқылы байланысады

$$S = S_0 + \lambda \quad (14)$$

мұндағы λ – гринвичтен шығысқа қарай есептеледі және сағат, минут, секунд уақыт бірліктерімен сипатталады. Градустық

бірліктерді уақыт бірліктеріне аударуға арналған кесте бар (соңғы беттерде).

Дәл сол физикалық мезетте S_1 және S_2 жұлдыздық уақыттар сол аймақтағы λ_1 және λ_2 географиялық бойлықтармен анықталады.

$$S_2 - S_1 = \lambda_2 - \lambda_1 \quad (15)$$

Тәжірибелік өмірде пайдаланылатын орташа күн тәуліктері жұлдыздық тәуліктерге қарағанда ұзағырақ $3^m 56^c, 6 \approx 3^m 56^c$

Жергілікті орташа уақыт

$$T_\lambda = T_{\text{күн}} + \eta \quad (16)$$

мұндағы η – уақыт теңдеуі, ал $T_{\text{күн}}$ – Күннің сағаттық бұрышымен анықталатын 12^c -қа ұзартылған шын күн уақыты.

$$T_{\text{күн}} = t_{\text{күн}} + 12^c \quad (17)$$

T_{λ_1} және T_{λ_2} екі аймақтағы жергілікті орташа уақыт өзара мынадай теңдікпен байланысады:

$$T_{\lambda_2} - T_{\lambda_1} = \lambda_2 - \lambda_1 \quad (18)$$

Ал T_0 орташа гринвичтік уақытпен (бүкіләлемдік уақыт) мынадай теңдікпен байланысады:

$$T_\lambda = T_0 + \lambda \quad (19)$$

Тәжірибелік өмірде не белдеулік уақыт қолданылады:

$$T_\phi = T_0 + n \quad (20)$$

немесе декреттік уақыт

$$T_d = T_\phi + 1^c = T_0 + n + 1^c \quad (21)$$

мұндағы n – бүтін сағат санына тең сағаттық белдеу номері.

Әр түрлі n_1 және n_2 сағаттық белдеулерде орналасқан екі аймақ үшін,

$$T_{d_2} - T_{d_1} = T_{b_2} - T_{b_1} = n_2 - n_1 \quad (22)$$

Егер уақытты санау жүйесі көрсетілмесе, онда берілген аймақта іске асатын уақыт болжанады. T_c (немесе S_c) сағат көрсеткіші әрқашан T және S дәл уақыт мезеттеріне сәйкес келе бермейді. Айырмашылық

$$u = T - T_c \text{ немесе } u_s = S - S_c \quad (23)$$

қате жүріп жатқан сағат арқылы дәл уақытты анықтауға болатын уақыт түзетуі деп аталады.

Мысалдар

1. $2^c 23^m 37^c$ және $2^c 23^m 37^c$ географиялық бойлықтардағы Вега (Лираның α) жұлдызының $2^c 23^m 37^c$ географиялық бойлықтағы сағаттық бұрышы $\alpha = 18^c 35^m 15^c$ және тік шарықтауы $\alpha = 18^c 35^m 15^c$ болған мезеттегі жұлдыздық уақытты анықта.

Берілгені: $\lambda_1 = 2^c 23^m 37^c$; $\lambda_2 = 7^c 46^m 20^c$; $\lambda_3 = 80^0 05' 5$; Вега (Лираның α): $\alpha = 18^c 35^m 15^c$; $t = 4^c 29^m 48^c$

Шешуі: Екінші кестені қолданып (соңғы беттерде), үшінші аймақтағы географиялық бойлықты уақыт бірліктеріне айналдырайық: $\lambda_3 = 80^0 05' 5 = 5^c 20^m 22^c$.

(13) формулаға сәйкес, үшінші аймақтағы жұлдыздық уақыт:

$$S_3 = \alpha + t = 18^c 35^m 15^c + 4^c 29^m 48^c = 23^c 05^m 03^c$$

(15) формулаға сәйкес, бірінші аймақтағы жұлдыздық уақыт:

$$S_1 = S_3 + (\lambda_1 - \lambda_3) = 23^c 05^m 03^c + (2^c 23^m 37^c - 5^c 20^m 22^c) = 20^c 08^m 18^c$$

Екінші аймақтағы жұлдыздық уақыт

$$S_2 = S_3 + (\lambda_2 - \lambda_3) = 23^c 05^m 03^c + (7^c 46^m 20^c - 5^c 20^m 22^c) = 25^c 31^m 01^c$$

Осы аймақта жаңа жұлдыздық күндер басталады (бірақ күнтүзбелік емес), және $S_2 = 1^c 31^m 01^c$.

Есепті шешудің басқа жолында (14) формула қолданылады.

2. Географиялық бойлығы $5^c 34^m$ болатын бірнеше аймақ бесінші сағаттық белдеуде орналасқан. 27-қазандағы шын талтүсте, осы күні уақыт теңдеуі -16^m болғандағы жергілікті орташа, белдеулік және декреттік уақыттарды тап.

Берілгені: $\lambda = 5^c 34^m$, $n = 5$; 27- қазанда $\eta = -16^m$.

Шешуі: Шын талтүсте шын күндік уақыт $T_{\text{күн}} = 12^c 00^m$. (16), (19), (20) және (21) формулаларына сәйкес, 27- қазанда жергілікті орташа уақыт

$$T_\lambda = T_{\text{күн}} + \eta = 12^c 00^m - 16^m = 11^c 44^m,$$

белдеулік уақыт $T_6 = T_\lambda + (n - \lambda) = 11^c 44^m - 34^m = 11^c 10^m$
және декреттік уақыт $T_d = T_6 + 1^c = 12^c 10^m$

Есептер

43. Фомальгаут (Оңтүстік балық шоқжұлдызының α -сы) жұлдызының жоғарғы және төменгі шарықтауы кезіндегі жұлдыздық уақытты анықтаңыз, тік шарықтауы $22^c 54^m 53^c$.

44. Ригель (Орион шоқжұлдызының β -сы) жұлдызының сағаттық бұрышы сәйкесінше $-3^c 17^m 43^c$ және $1^c 42^m 29^c$ тең кездегі жұлдыздық уақытын табыңыз. Бұл жұлдыздың тік шарықтауы $5^c 12^m 08^c$.

45. Кастор (Егіздер жұлдызының α -сы) жұлдызы $4^c 37^m 11^c$ географиялық бойлықта жоғарғы шарықтауда болады. Осы сәттегі $2^c 13^m 25^c$ және $84^\circ 58'$ географиялық бойлықтардығы жұлдыздық уақытты анықта. Кастордың тік шарықтауы $7^c 31^m 25^c$ тең.

46. Алдыңғы есепте берілген географиялық орындар үшін, бірақ Капелла жұлдызының Иркуттегі төменгі шарықтауы үшін шеш ($\lambda = 6^c 57^m 05^c$) Капелланың тік шарықтауы $5^c 13^m 00^c$.

47. Алголь (Персей шоқжұлдызының β -сы) және Альтаир (Бүркіт шоқжұлдызының α -сы) жұлдыздарының жұлдыздық уақыты $8^c 20^m 30^c$ кезіндегі сағаттық бұрыштарын есепте. Бұл

жұлдыздардың тік шарықтаулары сәйкесінше $3^c04^m54^c$ және $19^c48^m21^c$. Сағаттық бұрыштарын градустық бірліктерге келтір.

48. Мира (о Кит), Сириус және Процион жұлдыздарының тік шарықтаулары сәйкесінше $2^c16^m49^c$, $6^c42^m57^c$ және $7^c36^m41^c$. Сириус жоғарғы және төменгі шарықтауы кезінде осы жұлдыздардың сағаттық бұрыштары қаншаға тең?

49. Вега (Лира шоқжұлдызының α -сы) жұлдызының сағаттық бұрышы $4^c15^m10^c$ тең болғандағы Кастор (Егіздер шоқжұлдызының α -сы) және Щит (Пегас шоқжұлдызының β -сы) жұлдыздарының сағаттық бұрыштарын тап. Тік шарықтаулары: Кастор $7^c31^m25^c$, Вега $18^c35^m15^c$ және Щит $23^c01^m21^c$.

50. Мира (о Кит) жұлдызының сағаттық бұрышы Гринвичте $2^c16^m47^c$ тең. $2^c03^m02^c$ және $54^{\circ}44',5$ географиялық бойлықтағы осы уақыт мезетіндегі жұлдыздық уақытты анықта. Мираның тік шарықтауы $2^c16^m49^c$.

51. Якутскте ($\lambda = 8^c38^m58^c$) Альдебаран (Торпак шоқжұлдызының α -сы) жұлдызының сағаттық бұрышы $329^{\circ}44'$ болған мезеттегі Мицар (Үлкен Аю шоқжұлдызының ζ -сы) жұлдызының Гринвичтегі және $6^c34^m09^c$ географиялық бойлықтағы жұлдыздық уақыт пен сағаттық бұрышын тап. Мицар жұлдызының тік шарықтауы $13^c21^m55^c$, ал Альдебаран жұлдызыныкі $4^c33^m03^c$.

52. Егер жұлдыздардың біреуі екіншісінен $36^{\circ}42'$ шығысқа қарай орналасқан болса, олардың екі бақылау орнынан қарағанда жоғарғы және төменгі шарықтауда орналасқандағы тік шарықтауы қандай болады? Лақ сүмбіле (α Кіші ит) жұлдызының сағаттық бұрышы $-2^c16^m41^c$. Лақ сүмбіленің тік шарықтауы $7^c36^m41^c$.

53. Егер Капелла жұлдызы $-2^c39^m08^c$ сағаттық бұрышпен $5^c31^m40^c$ географиялық бойлыққа ие болса, қандай географиялық меридиандарда жұлдыздық уақыты сәйкесінше $22^c48^m30^c$ және $7^c36^m34^c$ болады? Капелланың тік шарықтауы $5^c13^m00^c$.

54. Қандай жұлдыздық уақыт аралықтарында тік шарықтауы $11^c46^m31^c$ β Арыстан жұлдызының жоғарғы шарықтауынан кейін α Гидра жұлдызы жоғарғы шарықтауда, төменгі шарықтауда және сағаттық бұрышы $4^c25^m16^c$ болады? α Гидраның тік шарықтауы $9^c25^m08^c$

55. Гемма (Солтүстік тәж шоқжұлдызының α -сы) жұлдызының жоғарғы шарықтауы кезінде тік шарықтауы $15^c32^m34^c$

болды және жұлдыздық уақытпен жүретін сағат (жұлдыздық сағат) $15^c 29^m 42^c$ көрсетті. Сол жұлдыздың сағаттық бұрышы $1^c 20^m 50^c$ тең болғандағы сағаттың түзетуін және көрсеткішін тап.

56. Сұлусары (Торпақ шоқжұлдызының α -сы) жұлдызының жоғарғы шарықтауы кезінде тік шарықтауы $4^c 33^m 03^c$ болды және жұлдыздық сағат $4^c 52^m 16^c$ көрсетті, ал келесі түні дәл сол уақытта көрсеткіш $4^c 51^m 04^c$ болды. Бақылау кезіндегі жұлдыздық сағат түзетулерін, сонымен қоса тәуліктік және сағаттық жылжуын есепте (оған қоса тәуліктегі және бір сағаттағы түзету өзгерісін).

57. ε Үлкен Аю жұлдызының жоғарғы шарықтауы кезінде тік шарықтауы $12^c 51^m 50^c$ болды және жұлдыздық уақыты $12^c 41^m 28^c$ көрсетті, ал сол жұлдыздың келесі төменгі шарықтауы кезінде көрсеткіші $0^c 41^m 04^c$ болды. Сол сағаттың қандай көрсеткішінде тік шарықтауы $14^c 50^m 50^c$ тең β Кіші Аю жұлдызының екі кулминациясы өтті?

58. Орташа гринвичтік уақыт $6^c 52^m 06^c$ және географиялық бойлықтары $4^c 43^m 28^c$ және $9^c 18^m 37^c$ болған кездегі орташа, белдеулік және декреттік уақытты анықта. Бірінші аймақ бесінші сағаттық белдеуде, ал екіншісі – оныншы сағаттық белдеуде орналасқан.

59. Географиялық бойлықтары $5^c 12^m 56^c$ және $7^c 51^m 22^c$ болған кезде, егер үшінші аймақтағы сағат $17^c 31^m 44^c$ орташа уақытты көрсетсе және осы кездегі географиялық бойлық $6^c 27^m 36^c$ тең болса, орташа, белдеулік және декреттік уақытты анықтау. Бірінші аймақ бесінші сағаттық белдеуде, ал екіншісі – сегізінші сағаттық белдеуде орналасқан.

60. Жетінші сағаттық белдеуде орналасқан, географиялық бойлығы $7^c 18^m 58^c$ болған кездегі белдеулік уақыт пен орташа уақыттың және декреттік уақыт пен орташа уақыттың айырмашылығын тап.

61. Новосибирск ($\lambda = 5^c 32^m, n = 6$) пен Бакудегі ($\lambda = 3^c 19^m, n = 3$) орташа, белдеулік және декреттік уақыттардың аттас түсуінің тізбегін анықтаңыз.

62. Дондағы Ростов ($\lambda = 2^c 39^m, n = 3$) және Орынбордағы ($\lambda = 3^c 41^m, n = 4$) күндізгі уақыт теңдеуі сәйкесінше $+12^m$ және -15^m болғанда, қандай уақыт мезетінде әр түрлі санау жүйесінде шын талтүс және шын талтүн басталады?

63. Красноярда ($n=6$) анық қалалық сағаттар кешкі 7^c32^m көрсетті. Осы мезетте Киевте ($\lambda = 2^c02^m, n = 2$) және Хабаровскте ($\lambda = 9^c00^m, n = 9$) орташа, белдеулік және декреттік уақыттар қандай?

64. «Салют-4» ғарыштық станциясының ғарышкерлері А.А. Губарев және Г.М. Гречко айлық ұшудан кейін 1975 жылы 9 ақпанда Мәскеу сағатымен 14^c03^m кезінде солтүстік-шығыс Целиноградта Жерге қонды. Осы мезетте Целиноград ($n=5$) және Қазанда ($n=3$) уақыт қанша болды? Мәскеу екінші сағаттық белдеуде орналасқан.

65. Бүкіләлемдік уақыт бойынша Айдың тұтылуы 1975 жылы 18-қарашада сағат $20^c38^m, 5$ кезінде басталды және 1975 жылы 19-қарашада сағат $0^c08^m, 2$ кезінде аяқталды. Красноярда ($n=3$), Ташкентте ($n=5$) және Иркутте ($n=7$) қай күндері және қандай уақыт мезеттерінде басталды және аяқталды?

66. Бүкіләлемдік уақыт бойынша жазғы Күн тоқырауы 1974 жылы 21 маусымда сағат 18^c38^m кезінде басталды. Алдыңғы есепте берілген қалаларда қай уақыт мезеттерінде басталды?

67. Мәскеу ($n=2$) қаласынан 12-сағаттық радиосигнал жіберу кезінде Томскдегі ($\lambda = 5^c40^m, n = 6$) мекемелердің бірінде дәл уақыт сағаты 16^c12^m көрсетті. Жергілікті орташа сағаттың және Томск пен Красноводта ($\lambda = 3^c32^m, n = 4$) қабылданған уақыттың түзетуін есептеу, сонымен қоса әр қаладағы сол сағаттардың 19^c0^m кезіндегі көрсетуін анықтау.

68. Ұшақ сағат 11^c20^m кезінде Свердловтан ($n=4$) ұшты және кешігусіз сағат 17^c45^m кезінде Иркутке ($n=7$) келді. Ұшақ қанша сағат ұшты және Аэрофлот кестесінде ұшу және келудің қандай мезеттері көрсетілген?

69. Нерчинск ($n=8$) қаласынан қалалық сағат бойынша 7^c40^m кезінде телеграмма жіберілді және дәл сол күні Смоленск ($n=2$) қаласына қалалық сағаты бойынша 16^c20^m кезінде жеткізілді. Телеграмма қанша уақыт жүрді және онда жіберу және жеткізу уақыттарының қандай мезеттері белгіленген?

§4. Географиялық және аспан экваториалдық координаттарын практикалық анықтау

Астрономдар ұзақ қысқы түндерде бір жұлдыздың екі шарықтауындағы зениттік қашықтықтарын обсерваторияның еңкеюі δ мен географиялық ендігіне φ тәуелсіз (4), (6), (9) формулалар бойынша анықтайды. φ белгілі болған жағдайда тек жоғарғы шарықтауда бақыланатын шырақтың еңкеюін анықтауға болады. Жоғары дәлдікті өлшеулерде рефракция ескеріледі, егер жұлдыз горизонтқа жақын орналасса рефракция ескерілмейді.

Шын талтүсте Күннің зениттік қашықтығын $z_{\text{күн}}$ тұрақты түрде өлшейді және S_c жұлдыздық сағаттың көрсетуін белгілейді, сосын (4) формула бойынша еңкеюін $\delta_{\text{күн}}$ есептейді. Мұндағы тік шарықтау сәйкесінше:

$$\sin \alpha = \operatorname{tg} \delta * \operatorname{ctg} \varepsilon \quad (24)$$

мұндағы $\varepsilon = 23^{\circ}27'$ эклиптиканың көлбеу бұрышы. Сонымен қатар жұлдыздық сағат түзетуі анықталады:

$$u_s = S - S_c = a_{\text{күн}} - S_c \quad (25)$$

Шын талтүсте Күннің сағаттық бұрышы $t_{\text{күн}} = 0$ болғандықтан (13) формулаға сәйкес жұлдыздық уақыт $S = a_{\text{күн}}$ тең болады.

Жарық жұлдыздардың (оларды күндізге телескоппен көруге болады) жоғарғы шарықтауы кезінде S_c^1 көрсетуін белгілей отырып олардың тік шарықтауын анықтайды

$$\alpha = a_{\text{күн}} + (S_c^1 - S_c) \quad (26)$$

және осыған ұқсас басқа жұлдыздардың тік шарықтауын осылайша анықтауға болады:

$$\alpha = S_c^1 + u_s \quad (27)$$

Жарияланған астрономиялық анықтамалық кітаптарда жұлдыздың экваторлы координаттары (α және δ) жер бетіндегі орналасуының географиялық координаттарын анықтауға болады.

Мысалдар

1. 1975 жылы 22 мамырда шын талтүсте Пулковта Күннің зениттік қашықтығы $39^{\circ}33'S$ (оңтүстік нүктесінің үстінде), ал жұлдыздық сағаты $3^{\text{c}}57^{\text{m}}41^{\text{c}}$ көрсетті. Осы мезеттегі Күннің экваторлы координаттарын және жұлдыздық сағаттың түзетуін есептеңіз. Пулковтың географиялық ендігі $\varphi = +59^{\circ}46'$.

Берілгені: $z_{\text{күн}} = 39^{\circ}33'$; $S_c = 3^{\text{c}}57^{\text{m}}41^{\text{c}}$; $\varphi = +59^{\circ}46'$

Шешімі: (4) формулаға сәйкес Күннің еңкеюі

$$\delta_{\text{күн}} = \varphi - z_{\text{күн}} = 59^{\circ}46' - 39^{\circ}33' = +20^{\circ}13'$$

(24) формула бойынша

$$\sin a_{\text{күн}} = \text{tg} \delta_{\text{күн}} * \text{ctg} \varepsilon = \text{tg} 20^{\circ}13' * \text{ctg} 23^{\circ}27' = +0,3683 * 2,3053 = +0,8490.$$

Күннің тік шарықтауы $\alpha = 58^{\circ}06'$, 2немесе уақыт бірліктеріне айналдырсақ $\alpha_{\text{күн}} = 3^{\text{c}}52^{\text{m}}25^{\text{c}}$. (13) формулаға сәйкес шын талтүсте жұлдыздық уақыт $S = \alpha_{\text{күн}} = 3^{\text{c}}52^{\text{m}}25^{\text{c}}$, ал жұлдыздық сағат $S_c = 3^{\text{c}}57^{\text{m}}41^{\text{c}}$ көрсетсе (25) формула бойынша сағаттық түзету:

$$u_s = S - S_c = \alpha_{\text{күн}} - S_c = 3^{\text{c}}52^{\text{m}}25^{\text{c}} - 3^{\text{c}}57^{\text{m}}41^{\text{c}} = -5^{\text{m}}16^{\text{c}}.$$

2. Айдахар шоқжұлдызының α жұлдызы жоғарғы шарықтауда солтүстікке қарай зениттік қашықтығы $9^{\circ}17'$, жұлдыздық сағаты $7^{\text{c}}20^{\text{m}}38^{\text{c}}$ көрсетті. Гринвичтік жұлдыздық уақыттың түзетуі $22^{\text{m}}16^{\text{c}}$ тең болды. Айдахар шоқжұлдызының α жұлдызының экваторлық координаттары: тік шарықтауы $14^{\text{c}}03^{\text{m}}02^{\text{c}}$, еңкеюі $+64^{\circ}37'$. Бакылау орнының географиялық координаттарын анықтаңыз.

Берілгені: Жұлдыз, $\alpha = 14^{\text{c}}03^{\text{m}}02^{\text{c}}$, $\delta = +64^{\circ}37'$; $z_{\text{ж}}=9^{\circ}17'N$, жұлдыздық сағаттар $S_c = 7^{\text{c}}20^{\text{m}}38^{\text{c}}$, $u_s = 22^{\text{m}}16^{\text{c}}$.

Шешімі: (6) формулаға сәйкес географиялық ендігі

$$\varphi = \delta - z_{жс} = +64^{\circ}37' - 9^{\circ}17' = +55^{\circ}20'$$

(13) формулаға сәйкес бақылау орнының жұлдыздық уақыты

$$S = \alpha = 14^{\circ}03^m02^c,$$

ал Гринвичтегі жұлдыздық уақыт

$$S_0 = S_c + u_s = 7^c20^m38^c + 22^m16^c = 7^c42^m54^c$$

(14) формуламен географиялық бойлық

$$\lambda = S - S_0 = 14^c03^m02^c - 7^c42^m54^c = 6^c20^m08^c$$

немесе бұрыштық бірлікке айналдырсақ $\lambda = 95^{\circ}02'$.

Есептер

70. Жоғарғы және төменгі шарықтауда z зениттік қашықтығы мен h биіктік өлшеулерін қолданып, бақылау орнының ендігі мен еңкеюін есептеңіз.

а) $z_{жс} = 15^{\circ}06'N, z_T = 68^{\circ}14'N;$

б) $z_{жс} = 15^{\circ}06'S, z_T = 68^{\circ}14'N;$

в) $h_{жс} = 80^{\circ}40'S, z_T = 72^{\circ}24'N;$

г) $h_{жс} = +78^{\circ}08'S, h_T = +17^{\circ}40'S.$

71. Географиялық ендігі $\varphi = +49^{\circ}34'$ болатын аймақта α Гидра жұлдызы оңтүстік нүктеден $+32^{\circ}00'$ биіктікте жоғарғы шарықтаудан өтеді. Ал Кіші β Аюдың жұлдызы зениттік қашықтығы $24^{\circ}48'$ болатын зениттен солтүстікке қарай орналасқан. Осы жұлдыздардың еңкеюін анықтаңыз.

72. Канберрада ($\varphi = -35^{\circ}20'$) жоғарғы шарықтауда зениттен солтүстікке қарай зениттік қашықтығы $63^{\circ}39'$ тең, ал биіктігі $+58^{\circ}42'$ болатын жұлдыздардың еңкеюін анықтаңыз.

73. Душанбеде Капелла жұлдызы (Арбашы шоқжұлдызының α -сы) жоғарғы шарықтаудан $82^{\circ}35'$ биіктікте және 180° азимутта, ал еңкеюі $+16^{\circ}25'$ болатын Сұлусары жұлдызы (Торпақ шоқжұлдызының α -сы), зениттен оңтүстікке қарай $22^{\circ}08'$ зениттік қашықтықта өтеді. Капелла жұлдызының еңкеюін анықтаңыз.

74. Ташкентте ($\varphi = +41^{\circ}18'$) жоғарғы шарықтауда Жетіқарақшының β жұлдызы және Фомальгаут (Оңтүстік балық шоқжұлдызының α -сы) жұлдыздарының зениттік қашықтықтары Алтаирдың (Бүркіт шоқжұлдызының α -сы) зениттік қашықтығынан айырмашылығы сәйкесінше $-48^{\circ}35'$ және $+38^{\circ}38'$ болса, еңкеюлерін есептеңіз. Алтаир жұлдызы Ташкентте оңтүстік нүктесінен $+57^{\circ}26'$ биіктікте шарықтауланады.

75. Географиялық ендігі $+41^{\circ}42'$ болатын Тбилисидің горизонты мен зенитінде шарықтауланатын жұлдыздың еңкеюін анықтаңыз. Горизонтта рефракцияның мәні $35'$.

76. Жоғарғы шарықтау кезінде жұлдыздың жұлдыздық уақыты $18^{\circ}25^m32^s$ және $19^{\circ}50^m40^s$ тең болды. Бұл көрсетулер бойыншатік шарықтау $19^{\circ}48^m21^s$ тең, жұлдыздық уақыты $19^{\circ}20^m16^s$ болатын Алтаир (Бүркіт шоқжұлдызының α -сы) жұлдызы аспан меридианын зениттен оңтүстікке қарай қиып өтеді. Жұлдыздардың тік шарықтауын табыңыз.

77. Күннің жоғарғы шарықтауы кезінде оның тік шарықтауы $23^{\circ}48^m09^s$ болды, ал жұлдыздық уақыты $23^{\circ}50^m01^s$ көрсетті. 46^m48^s бұрын Пырақтың β жұлдызы аспан меридианын қиып өтті. Осы сағаттардың көрсетуі бойынша $0^{\circ}07^m40^s$ болғанда Андромеданың α жұлдызының жоғарғы шарықтауы басталды. Осы екі жұлдыздың тік шарықтауларын анықтаңыз.

78. 27 қазан 1975 жылы Одесса қаласында Оқ (Таразы шоқжұлдызының α -сы) шырағы Аңырақай шырағына қарағанда $16^{\circ}33'$ -ке тең биіктікте орналасқан. Оқ шырағынан кейін Аңырақай шырағы жұлдыздық уақыт бойынша 15^m50^s уақытта қайта шарықтауланды. Аңырақай шырағының экваторлық және эклиптиканың қай нүктесінде орналасқанын анықтаңыз.

79. 1975 жылы 24 тамызда Мәскеу ($\varphi = 55^{\circ}45'$) уақыты $1^{\circ}52^m22^s$ көрсеткенде Юпитер $47^{\circ}38'$ зениттік қашықтықта аспан меридианын қиып өтті. Осы сағаттардың көрсетуі бойынша $2^{\circ}23^m31^s$ болғанда $2^{\circ}04^m21^s$ тең тік шарықтаумен Тоқты шоқжұлдызының жұлдызы қайта шарықтауланды. Юпитердің экваторлы координаттарының неге тең екенін анықтаңыз.

80. Географиялық ендігі $50^{\circ}32'$ тең жерде 1 мамырда және 11 тамызда Күннің талтүстік биіктігінің мәні $54^{\circ}38'$, ал 21 қарашамен 21 қаңтарда $19^{\circ}29'$ болды. Осы күндердегі Күннің экваторлық координаттарының мәнін есептеңіз.

81. 1975 жылы 4 маусымда шын тал түсте Күн Одессадан ($\varphi = 46^{\circ}29'$) + $65^{\circ}54'$ болатын биіктікте өтті. Ал 13^m44^c бұрын Сұлусары (Торпақ шоқжұлдызының α -сы) аспан меридианын Күннің талтүстік зениттік қашықтығынан + $5^{\circ}58'$ -ге асқан зениттік қашықтықпен қиып өтті. Күннің және жұлдыздың экваторлық координаттарын анықтаңыз.

82. 1975 жылы 28 қазанда декреттік уақытпен $13^c06^m41^c$, $\lambda = 4^c37^m11^c$ және $\varphi = 41^{\circ}18'$ ($n=5$) болатын жерде Күннің зениттік қашықтығы $54^{\circ}18'$ болды. Осыдан 45^m45^c (жұлдыздық уақытпен) бұрын Спика (Бикештің α жұлдызы) жұлдызы жоғарғы шарықтауда болды, ал 51^m39^c өткен соң Сиыршы (Волопас шоқжұлдызының α -сы) $68^{\circ}01'$ оңтүстік биіктікте болды. Күннің және Сиыршының экваторлық координаттарын анықтаңыз. Осы күні уақыт теңдеуі $-16^{\circ}08'$.

83. Персей шоқжұлдызының β жұлдызы ($\delta = +40^{\circ}46'$) мен Жетіқарақшы шоқжұлдызының ε жұлдызы ($\delta = +56^{\circ}14'$) жоғарғы шарықтау кезінде бірдей зениттік қашықтыққа, бірақ бірінші оңтүстікке қарай екіншісі зениттен солтүстікке қарай орналасса жергілікті географиялық ендікті анықтаңыз.

84. Тазылар шоқжұлдызының α жұлдызы жоғарғы шарықтау кезінде + $38^{\circ}35'$ еңкеюмен зениттен өтті. Ал бұл жұлдыздан Таразышоқжұлдызының β жұлдызы + $46^{\circ}50'$ оңтүстікке қарай, Персей шоқжұлдызының α жұлдызы $11^{\circ}06'$ солтүстікке қарай өтеді. Бақылаулар қандай географиялық параллельдерде жүргізілген және осы жұлдыздардың еңкеюін анықтаңыз.

85. Күннің жоғарғы шарықтауы кезінде орташа хронометр $10^c28^m30^c$ көрсетті. Ал оның көрсетуі бойынша $14^c48^m52^c$ болғанда Гринвичтен дәл уақытпен 12 сағаттық радиосигнал қабылданды. Егер осы күні уақыт теңдеу 6^m08^c болса, бақылау орнының географиялық бойлығын анықтаңыз.

86. Геркулестің жоғарғы шарықтауы кезінде зениттен солтүстікке қарай зениттік қашықтығы $2^{\circ}14'$ болды, ал жұлдыздық Гринвичтік уақыт $23^c02^m39^c$ болды. Геркулестің экваторлық

координаттары $\alpha = 17^c 38^m 03^c$ және $\delta = 46^0 02'$. Бақылау орнының географиялық координаттарын анықтаңыз.

87. Жұлдыздық хронометрдің көрсетуі $18^c 07^m 27^c$ болғанда экспедиция Гринвичтен $18^c 00^m 00^c$ жұлдыздық гринвичтік уақытпен жіберілген радиосигнал қабылдады. Қарақұрттың жоғарғы шарықтауда зениттен оңтүстікке қарай зениттік қашықтығы $9^0 08'$ тең болғанда хронометрдің көрсетуі $19^c 17^m 02^c$ болды. Қарақұрттың экваторлық координаттары $\alpha = 0^c 53^m 40^c$ және $\delta = +60^0 27'$. Экспедицияның географиялық координаттарын анықтаңыз.

88. Шын талтүсте экспедицияның орташа хронометрдің көрсетуі $11^c 41^m 37^c$, ал Мәскеуден дәл уақытпен 12 сағаттық радиосигналды қабылдағанда хронометрдің көрсетуі $19^c 14^m 36^c$ болды. Аққудың α жұлдызының ($\delta = +45^0 06'$) зениттен солтүстікке қарай өлшенген зениттік қашықтығы $3^0 26'$ тең болды. Егер бақылау жүргізілген күні уақыт теңдеуінің мәні $-5^m 17^c$ болса, экспедицияның географиялық координаттарын анықтаңыз.

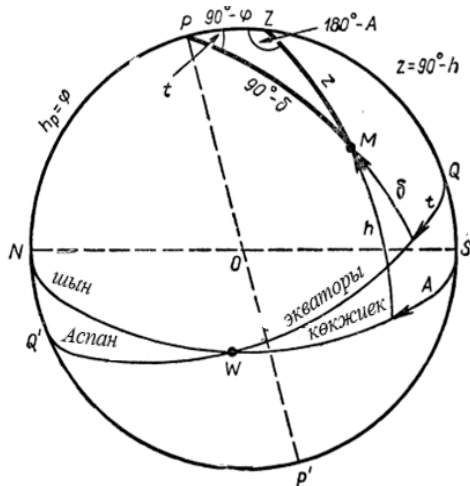
89. Мұхиттық лайнерінің навигаторы Күннің азимуты 0 болғандағы биіктігін өлшеді, ол $+75^0 41'$ деген мәнге ие болды. Осы кезде орташа хронометр түзетумен $-16^m 2^c$ Гринвичтік уақыт $14^c 12^m 09^c$ көрсетті. Астрономиялық теңіз жылнамаларында Күннің еңкеюі $+23^0 19'$, ал уақыт теңдеуі $+2^m 55^c$. Лайнердің географиялық координаттарын және сол уақыттағы оның қай жерде, жылдың қай күні екенін анықтаңыз.

§5. Аспан координаттары және уақытты есептеу жүйелерін түрлендіру. Шырақтардың шығуы мен батуы

Горизонталды және экваториалды аспан координаттарының өзара байланысы PZM параллакттық үшбұрышы арқылы жүзеге асады. (3-сурет) Оның төбелері P - әлем полюсі, зенит - Z және шырақ - M, ал жақтары – PZ аспан меридианы доғасы.

ZM биіктік шеңберінің доғасы және PM еңкею шеңберінің доғасы қызметін атқарады. $PZ = 90^0 - \varphi$, $ZM = z = 90^0 - h$ және

$PM = 90^0 - \delta$ екендігі анық, мұнда φ - бақылау орнының географиялық ендігі, z – зениттік қашықтық, h – биіктік және δ – шырақтың еңкеюі.



3-сурет. Параллакстық үшбұрыш

Параллакстық үшбұрышта зениттегі бұрыш $180^0 - A$, мұндағы A - шырақтың азимуты, ал әлем полюсіндегі бұрыш сол шырақтың t -сағаттық бұрышына тең. Онда горизонталды координаттар мына формулалармен анықталады:

$$\cos z = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t \quad (28)$$

$$\sin z \cdot \cos A = -\sin \delta \cdot \cos \varphi + \cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos t \quad (29)$$

$$\sin z \sin A = \cos \delta \sin t \quad (30)$$

Ал экваториалды координаттар мына формулалармен анықталады:

$$\sin \delta = \sin z \cdot \sin \varphi - \sin z \cdot \cos \varphi \cdot \cos A \quad (31)$$

$$\cos \delta \cos t = \cos z \cos \varphi + \sin z \sin \varphi \cos A \quad (32)$$

$$\cos \delta \sin t = \sin z \sin A \quad (33)$$

$t = S - \alpha$, мұндағы α -шырақтың тік шарықтауы және S - жұлдыздық уақыт.

Есептегенде 3-кесте бойынша (127 б.) ΔS жұлдыздық уақыт аралықтарын ΔT орташа уақыт аралықтарына аудару қажет, ал S_0 жұлдыздық уақытты – астрономиялық жыл сайынғы күнтізбеден алынған, берілген күннің Гринвичтік түн ортасына айналдыру қажет (бұл бөлімнің есептерінде S_0 мәні беріледі).

Кейбір құбылыс жер бетінің қандай да бір нүктесінде сол жерде қабылданған T уақыт бойынша болсын. Қабылданған уақытты есептеу жүйесіне тәуелді (19), (20) немесе (21) формулалар бойынша Гринвичтік түн ортасымен қоса өтіп кеткен, ΔT орташа уақыттың аралығын білдіретін T_0 орташа Гринвичтік уақыт орналасқан ($\Delta T = T_0$). Бұл аралық 3 – кесте бойынша (127 б.) жұлдыздық уақыт аралығына ауысады (яғни $\Delta T \rightarrow \Delta S$) және сол кезде берілген T мезетте, T_0 гринвичтік уақытқа сәйкес келетін, Гринвичтегі жұлдыздық уақыт

$$S_0 = s_0 + \Delta S \quad (34)$$

Ал берілген нүктеде

$$S = S_0 + \lambda \quad (35)$$

мұндағы λ - орынның географиялық бойлығы.

ΔS жұлдыздық уақыттың аралығының $\Delta T = T_0$ (яғни $\Delta T \rightarrow \Delta S$), аралығына ауысуы 3-кесте бойынша (127 б.) түзетулерді ескермей жүзеге асырылады.

Шырақтардың шығу және бату нүктелеріндегі уақыт мезеттері мен азимуттары $z = 90^{\circ}35'$ мәні қабылданатын (28), (29), (30) және (13) формулары бойынша есептелінеді ($\rho = 35'$ рефракцияны ескере отырып).

180° және 360° аралығында табылған сағаттық бұрыш пен азимуттың мәндері шырақтың шығуына, ал 0 ден 180° дейін оның батуына сәйкес келеді.

Күннің шығуы мен батуын есептегенде оның $r = 16'$ бұрыштық радиусын да ескереді. Табылған сағаттық бұрыштар $t_{\text{күн}}$ шын күндік уақыт бойынша мезеттерді береді (16) формула бойынша орташа уақыт мезеттеріне ауысатын, ал одан соң – қабылданған есептеу жүйесіне ауысатын (17) формулаға қараңыз.

Барлық шырақтардың шығу және бату мезеттері 1^m аспайтын дәлдікпен есептелінеді.

Мысалдар

1. Егер географиялық координаттары $\lambda = 2^c 58^m, 0$ және $\varphi = +40^0 14'$ болатын нүктеде Мәскеуліктен $+1^c$ айырмашылығы бар тұтылу ортасы $15^c 29^m, 8$ уақытта келсе, 1976 жыл 29 сәуірдегі күн тұтылуын түсіретін фотокамерасы бар телескоп алдын ала қай бағытта орналастырған? Осы мезеттегі Күннің экваториалды координаттары: тік шарықтауы $\alpha = 2^c 27^m, 5$ және еңкеюі $\delta = +14^0 35'$. 1976 жыл 29 сәуірдегі орташа Гринвичтік түн ортасындағы жұлдыздық уақыт $s_0 = 14^c 28^m 19^c$.

Берілгені: бақылау нүктесі, $\lambda = 2^c 58^m, 0$; $\varphi = +40^0 14'$; $T = 15^c 29^m, 8$; $T - T_m = 1^c$; $s_0 = 14^c 28^m 19^c = 14^c 28^m, 3$; Күн, $\alpha = 2^c 27^m, 5$; $\delta = +14^0 35'$.

Шешімі: Тұтылу мезеті ортасындағы Мәскеулік уақыт $T_m = T - 1^c = 14^c 29^m, 8$, және сондықтан орташа Гринвичтік уақыт $T_0 = T_m - 3^c = 11^c 29^m, 8$ 3-кесте бойынша жұлдыздық уақыт $\Delta S = 11^c 31^m, 7$ аралығына ауыстыратын, Гринвичтік түн ортасымен бірге $\Delta T = T_0 = 11^c 29^m, 8$, уақыт аралығы өтіп кетті, және сол T_0 мезетте, (33) формула бойынша Гринвичтегі жұлдыздық уақыт

$$S_0 = s_0 + \Delta S = 14^c 28^m, 3 + 11^c 31^m, 7 = 25^c 60^m = 2^c 0^m, 0$$

Ал берілген нүктеде (35) формула бойынша, жұлдыздық уақыт

$$S = S_0 + \lambda = 2^c 0^m, 0 + \lambda = 2^c 58^m, 0 = 4^c 58^m, 0$$

және (13) формула бойынша, Күннің сағаттық бұрышы

$$t = S - \alpha = 4^c 58^m, 0 - 2^c 27^m, 5 = 2^c 30^m, 5$$

Немесе, 1-кесте бойынша ауыстырып, тригонометриялық функциялар кестелері бойынша табамыз:

$$\sin \varphi = \sin 4^{\circ} 0' 14'' = +0,6459, \cos \varphi = \cos 4^{\circ} 0' 14'' = +0,7634,$$

$$\sin \delta = \sin 1^{\circ} 4' 35'' = +0,2518, \cos \delta = \cos 1^{\circ} 4' 35'' = +0,9678,$$

$$\sin t = \sin 3^{\circ} 7' 38'' = +0,6106, \cos t = \cos 3^{\circ} 7' 38'' = +0,7919.$$

Және (28) формула бойынша есептейміз:

$$\cos z = 0,6459 \cdot 0,2518 + 0,7634 \cdot 0,9678 \cdot 0,7919 = +0,7477,$$

және кестелер бойынша табамыз $z = 41^{\circ} 36'$ $\sin z = +0,6640$.

Азимутты есептеу үшін (30) формуланы қолданамыз:

$$\sin A = \frac{\cos \delta}{\sin z} \cdot \sin t = \frac{0,9678}{0,6640} 0,6106 = +0,88997$$

Одан мына екі мәнді аламыз: $A = 62^{\circ} 52'$ және $A = 180^{\circ} - 62^{\circ} 52' = 117^{\circ} 08'$. $\delta < \varphi$ болған кезде, A және t мәндері бір – бірімен қатты ерекшеленбейді сондықтан $A = 62^{\circ} 52'$

Сондықтан, телескоп аспанның горизонталь координаттары $A = 62^{\circ} 52'$ және $z = 41^{\circ} 36'$ (немесе $h = +48^{\circ} 24'$) болатын нүктесіне бағытталған.

2. Егер осы күні талтүсте Күннің еңкеюі $\delta = 23^{\circ} 27'$, ал уақыт теңдеуі $\eta = 1^{\text{м}} 35^{\text{с}}$ тең болса, бесінші сағаттық белдеуде орналасқан, географиялық координаттары $\lambda = 4^{\text{с}} 28^{\text{м}}, 4$ және $\varphi = +59^{\circ} 30'$ болатын аймақта, 1975 ж. 21 маусымдағы күн мен түннің ұзақтығын және де Күннің шығуы және батуы мезетіндегі азимут нүктелерін есептеңіз.

Берілгені: Күн, $\delta = 23^{\circ} 27'$, $\eta = 1^{\text{м}} 35^{\text{с}} = +1^{\text{м}}, 6$; орны, $\lambda = 4^{\text{с}} 28^{\text{м}}, 4$, $\varphi = +59^{\circ} 30'$, $n=5$.

Шешімі: горизонттағы рефракцияны $\rho = 35'$ және күн дискісінің бұрыштық радиусын $r = 16'$ ескере отырып, Күннің шығуы мен батуы мезетінде күн дискісінің центрі зениттік қашықтығы $z = 90^{\circ} + \rho + r = 90^{\circ} 51'$ болатын горизонт астында орналасқандығын анықтаймыз. Онда

$$\sin z = +0,9999, \cos z = -0,0148,$$

$$\sin \delta = +0,3979, \cos \delta = +0,9174,$$

$$\sin \varphi = +0,8616, \cos \varphi = +0,5075.$$

(28) формула бойынша табамыз:

$$\cos t = \frac{\cos z - \sin \varphi \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta} = \frac{-0,0148 - 0,8616 \cdot 0,3979}{0,5075 \cdot 0,9174} = -0,76804$$

және кестелер бойынша

$$t = \pm(180^0 - 39^0 49', 3) = \pm 140^0 10', 7$$

және $\sin t = \pm 0,6404$.

2-кесте бойынша Күннің шығуы кезінде оның сағаттық бұрышы $t_1 = -140^0 10', 7 = -9^c 20^m, 7$, ал батуы кезінде $t_2 = +140^0 10', 7 = +9^c 20^m, 7$, яғни формула бойынша, шын күндік уақыт бойынша Күн

$$T_{күн1} = 12^c + t_1 = 12^c - 9^c 20^m, 7 = 2^c 39^m, 3$$

шығады, және

$$T_{күн2} = 12^c + t_2 = 12^c + 9^c 20^m, 7 = 21^c 20^m, 7,$$

батады. Бұл (16) формула және орташа уақыт бойынша

$$T_{\lambda 1} = T_{күн1} + \eta = 2^c 39^m, 3 + 1^m, 6 = 2^c 41^m$$

сәйкес келеді, және

$$T_{\lambda 2} = T_{күн2} + \eta = 21^c 20^m, 7 + 1^m, 6 = 21^c 22^m$$

(19), (20) және (21) формулалар бойынша дәл сол мезеттерде нақты уақыт бойынша, шығу

$$T_{n1} = T_{\lambda 1} - \lambda + n = 2^c 41^m - 4^c 28^m + 5^c = 3^c 13^m$$

және бату

$$T_{n2} = T_{\lambda 2} - \lambda + n = 21^c 22^m - 4^c 28^m + 5^c = 21^c 54^m.$$

Ал дискретті уақыт бойынша: шығу $T_{\delta 1} = 4^c 13^m$ және бату $T_{\delta 2} = 22^c 54^m$, ал күннің ұзақтығы

$$\tau = T_{\delta 2} - T_{\delta 1} = 22^c 54^m - 4^c 13^m = 18^c 41^m$$

Төменгі шарықтау мезетінде Күннің биіктігі

$$h_T = \delta - (90^0 - \varphi) = \pm 23^0 27' - (90^0 - 59^0 30') = -7^0 03',$$

яғни, әдеттегінің орнына ақ түн болады.

Күннің шығуы мен батуы нүктелеріндегі азимуттарды (30) формуламен есептейміз

$$\sin A = \frac{\cos \delta}{\sin z} \sin t = \pm \frac{0,9174}{0,9999} \cdot 0,6404 = \pm 0,5876,$$

Бұла $A = \pm(180^0 - 36^0, 0) = \pm 144^0, 0$, екендігін береді, өйткені Күннің сағаттық бұрыштары мен азимуттары бір шаршы метрде орналасқан. Сондықтан Күн азимуты солтүстік нүктесінен екі жағынанда 36^0 -га орналасқан $A = -144^0, 0 = 216^0, 0$

болатын шын горизонт нүктесінде шығады, және азимуты $A = +144^0, 0$ нүктесінде батады.

Есептер

90. Орташа уақыттың қанша аралығы өткен соң біртекті және әртекті жұлдыздар шарықтаулары кезектесе өтеді?

91. Денеба жұлдызының жоғарғы шарықтауы өткеннен соң, қанша уақыттан кейін Орионның γ жұлдызының жоғарғы шарықтауы болады? Денебаның тік шарықтауы $20^c 39^m 44^c$, ал Орион жұлдызыныкі $5^c 22^m 27^c$. Іздеп отырған аралықты жұлдыздық және орташа уақыт жүйелеріне келтіру қажет.

92. Орташа уақыт бойынша сағат $14^c 15^m 10^c$ болғанда, тік шарықтауы $6^c 42^m 57^c$ болатын Сириус жұлдызы (Үлкен Төбет шокжұлдызының α -сы) төменгі шарықтауда орналасқан. Уақыттың қай жақын мезеттерінде Гемма жұлдызы (Солтүстік Тәж шокжұлдызының α -сы) жоғарғы шарықтауда орналасады және оның сағаттық бұрышы $3^c 16^m 0^c$ болады? Гемманың тік шарықтауы $15^c 32^m 34^c$.

93. Сағат $4^c 25^m 0^c$ -та тік шарықтауы $2^c 32^m 30^c$ тең жұлдыздың сағаттық бұрышы $-34^0 26', 0$ болған. Сағат $21^c 50^m 0^c$ -та жоғарғы шарықтауда және төменгі шарықтауда болатын, сондай-ақ сағаттық бұрыштары $-1^c 13^m 20^c$ пен $5^c 42^m 50^c$ болатын жұлдыздардың тік шарықтауын табыңыз.

94. 8 ақпан және 1 қыркүйекте Ижевск ($\lambda = 3^c 33^m$, $n = 3$) қаласының орташа, белдеулік және декреттік талтүн кезіндегі жұлдыздық уақытының шамамен мәні қаншаға тең?

95. Шамамен жылдың қай күндері Сириус ($\alpha = 6^c 43^m$) және Антарес ($16^c 26^m$) жұлдыздары орташа талтүнде жоғарғы және төменгі шарықтауда болады?

96. 9 қаңтарда сағат $7^c 28^m 16^c$ ($s_0 = 7^c 11^m 39^c$) және 25 шілдеде $20^c 53^m 47^c$ -та ($s_0 = 20^c 08^m 20^c$) Гринвичтегі жұлдыздық уақытты анықтаңыз.

97. 15 қаңтарда ($s_0 = 7^c 35^m 18^c$) Мәскеудегі ($\lambda = 2^c 30^m 17^c$, $n = 2$) орташа, белдеулік және декреттік жұлдыздық уақытты, сондай-ақ орташа, белдеулік және декреттік талтүнді табыңыз.

98. Алдыңғы есепті 8 тамызда ($s_0 = 21^c 03^m 32^c$) Красноярск ($\lambda = 6^c 11^m 26^c, n = 6$) және Охотск ($\lambda = 9^c 33^m 10^c, n = 10$) қалалары үшін шешіңіз.

99. 16 маусым ($s_0 = 17^c 34^m 34^c$) және 16 желтоқсанда сағат $19^c 42^m 10^c$ -де ($s_0 = 5^c 36^m 04^c$) Денеба (Аққу шоқжұлдызының α -сы) ($\alpha = 20^c 39^m 44^c$) жұлдызының Гринвичтегі сағаттық бұрыштарын есептеңіз.

100. Владивосток қаласындағы ($\lambda = 8^c 47^m 31^c, n = 9$) 3 тамыз ($s_0 = 20^c 43^m 40^c$) және 5 желтоқсанда ($s_0 = 4^c 52^m 42^c$) сағат $20^c 32^m 50^c$ Андромеданың α -сы ($\alpha = 0^c 05^m 48^c$) және Арыстан шоқжұлдызының β -сы ($\alpha = 11^c 46^m 31^c$) жұлдыздарының сағаттық бұрыштарын есептеңіз.

101. Ташкент қаласындағы ($\lambda = 4^c 37^m 11^c, n = 5$) 25 маусым ($s_0 = 18^c 06^m 07^c$) және 7 қараша ($s_0 = 2^c 58^m 22^c$) сағат $1^c 52^m 36^c$ Бетельгейзе ($\alpha = 5^c 52^m 28^c$) және Спика ($\alpha = 13^c 22^m 33^c$) жұлдыздарының сағаттық бұрыштарын есептеңіз.

102. Гринвичте 10 ақпан ($s_0 = 9^c 17^m 48^c$) және 9 мамырда ($s_0 = 15^c 04^m 45^c$) қай уақыт мезеттерінде жоғарғы шарықтауда Поллукс жұлдызы ($\alpha = 7^c 42^m 16^c$), ал төменгі шарықтауда Арктур жұлдызы ($\alpha = 14^c 13^m 23^c$) орналасады?

103. $\lambda = 3^c 10^m 0^c (n = 9)$ географиялық меридианында 22 наурыз ($s_0 = 11^c 55^m 31^c$) және 22 маусым ($s_0 = 17^c 58^m 14^c$) күндері Капелла ($\alpha = 5^c 13^m 00^c$) және Вега ($\alpha = 18^c 35^m 15^c$) жұлдыздарының жоғарғы және төменгі шарықтау мезеттерін табыңыз.

104. Самарқанд қаласындағы ($\lambda = 4^c 27^m 53^c$) 5 ақпан ($s_0 = 8^c 58^m 06^c$) және 15 тамыз ($s_0 = 21^c 31^m 08^c$) күндері қандай уақыт мезеттерінде Сириус ($\alpha = 6^c 42^m 57^c$) және Альтаир ($\alpha = 19^c 48^m 21^c$) жұлдыздарының сағаттық бұрыштары $3^c 28^m 47^c$ -қа тең?

105. 10 желтоқсан күні ($s_0 = 5^c 12^m 24^c$) қай уақыт мезеттерінде Альдебаран ($\alpha = 4^c 33^m 03^c$) және Аққу шоқжұлдызының β -сы ($\alpha = 19^c 28^m 42^c$) жұлдыздарының Тбилиси ($\lambda = 2^c 59^m 11^c, n = 3$) және Охотск ($\lambda = 9^c 33^m 10^c, n = 10$)

қалаларындағы сағаттық бұрыштары сәйкесінше $+67^{\circ}48'$ және $-24^{\circ}32'$ -қа тең?

106. Қандай географиялық меридиандарда Егіздер шоқжұлдызының α -сы және Үлкен Аю шоқжұлдызының γ -сы жұлдыздары Иркутск қаласының ($n=7$) уақыты бойынша 20 қыркүйек ($s_0 = 23^{\circ}53^m04^c$) күні сағат $8^c40^m26^c$ -та жоғарғы шарықтауда болады? Бұл жұлдыздардың тік шарықтауы сәйкесінше $7^c31^m25^c$ және $11^c51^m13^c$ -қа тең.

107. Евпатория қаласындағы ($\varphi = +45^{\circ}12'$) жұлдыздық уақыт бойынша сағат $14^c10^m0^c$ -тағы Үлкен Аюдың ε -сы ($\alpha = 12^c51^m50^c, \delta = +56^{\circ}14'$) және Антарес ($\alpha = 16^c26^m20^c, \delta = -26^{\circ}19'$) жұлдыздарының горизонталдық координаттарын анықтаңыз.

108. Географиялық координаттары $\lambda = 6^c50^m0^c, (n = 7)$ және $\varphi = +71^{\circ}58'$ болатын нүктеде декреттік уақыт бойынша 21^c30^m15 сәуір ($s_0 = 13^c30^m08^c$) және 20 тамыз ($s_0 = 21^c50^m50^c$) күндері Гемма ($\alpha = 15^c32^m34^c, \delta = +26^{\circ}53'$) және Спика ($\alpha = 13^c22^m33^c, \delta = -10^{\circ}54'$) жұлдыздарының горизонталды координаттары неге тең?

109. 1975 жылы 4 мамырда ($s_0 = 14^c45^m02^c$) белдеулік уақыт бойынша 22^c40^m -та Уран ($\alpha = 13^c52^m, 1, \delta = -10^{\circ}55'$) мен Нептунды ($\alpha = 16^c39^m, 3, \delta = -20^{\circ}32'$) көру үшін, географиялық координаттары $\lambda = 2^c59^m, 2, (n = 3)$ және $\varphi = +41^{\circ}42'$ нүктесінде тағайындалған, горизонталдық координаттармен анықталатын аспанның қай нүктесіне телескопты бағыттау қажет?

110. Орталық меридианның екінші сағаттық белдеуінде географиялық координаттары $\varphi = +37^{\circ}45'$ және $\varphi = +68^{\circ}20'$ болатын орындарда 22 наурыз ($s_0 = 11^c55^m31^c$) және 22 маусым ($s_0 = 17^c58^m14^c$) күндері жазғы күн тоқырау нүктелері қай уақыт мезеттерінде шығады, шарықтауланады және батады, және де көкжиек астында қанша уақыт болады? Мезеттерді жұлдыздық және декреттік уақыт бойынша көрсетіңіз.

111. Географиялық координаттары $\lambda = 3^c53^m33^c, (n = 4)$ және $\varphi = +37^{\circ}45'$, $\lambda = 2^c12^m15^c, (n = 2)$ және $\varphi = +68^{\circ}59'$ болатын жер бетінің орындарында 15 сәуір ($s_0 = 13^c30^m08^c$)

және 15 қазан ($s_0 = 1^c 31^m 37^c$) күндері Кастор ($\alpha = 7^c 31^m 25^c$, $\delta = +32^0 00'$) және Антарес ($\alpha = 16^c 26^m 20^c$, $\delta = -26^0 19'$) жұлдыздарының шығу, жоғарғы шарықтау және төменгі шарықтау мезетіндегі азимуттарын есептеңіз.

112. Географиялық координаттары $\lambda = 2^c 36^m$, 3 , ($n = 2$) және $\varphi = +59^0 57'$, $\lambda = 5^c 53^m$, 9 , ($n = 6$) және $\varphi = +69^0 18'$ және болатын нүктелердегі Күннің шығу, жоғарғы шарықтау және бату мезеттеріндегі азимуттарын, сондай-ақ жартыкүндік және жартытүндік биіктіктерін және көктемгі күн мен түннің теңелу және екі күн тоқырау нүктелеріндегі күннің ұзақтығын есептеңіз. Келесі күндерде уақыттың теңдеуі сәйкесінше $+7^c 23^m$, $+1^m 35^c$ және $-2^m 08^c$ тең.

113. 1975 жылы 5 тамыз ($s_0 = 20^c 51^m 42^c$) күні географиялық координаттары күні $\lambda = 4^c 37^m 11^c$, ($n = 5$) және $\varphi = +41^0 18'$ болатын нүктеде екі жұлдыздың горизонталды координаттары өлшенді: сағат $21^c 10^m$ -та бірінші жұлдыздың $A = -8^0 33'$ және $z = 49^0 51'$, ал $22^c 50^m$ -та екінші жұлдыздың $A = 46^0 07'$ және $z = 38^0 24'$ тең болды. Осы жұлдыздардың экваториалды координаттарын есептеңіз.

114. 30 шілде ($s_0 = 20^c 28^m 03^c$) күні $\lambda = 2^c 58^m 0^c$, ($n = 3$) және $\varphi = +40^0 14'$ нүктесінде қай уақыт мезеттерінде нүктелеріндің төменде келтірілген жұлдыздар A және z горизонталдық координаттарға ие болады:

Жұлдыз	α	δ	A	z
Сириус (Үлкен Төбет шоқжұлдызының α -сы)	$6^c 42^m 57^c$	$-16^0 39'$	$-40^0 10'$	$67^0 08'$
Регул (Арыстанның шоқжұлдызының β -сы)	$10^c 05^m 43^c$	$+12^0 13'$	$+65^0 05'$	$46^0 28'$
Капелла(Сарбаз шоқжұлдызының α -сы)	$5^c 13^m 0^c$	$+45^0 58'$	$+152^0 55'$	$86^0 25'$

ТЕОРИЯЛЫҚ АСТРОНОМИЯ МЕН АСПАН МЕХАНИКАСЫНЫҢ НЕГІЗДЕРІ

§6. Ғаламшарлар конфигурациясы мен Кеплердің эмпирикалық заңдары

Ғаламшарлар Күнді бір фокусында Күн жататын эклиптикалық орбита бойымен айналады. Бірінші жуықтауда үлкен ғаламшарлардың (Плутоннан басқасы) орбитасы бір жазықтықта жатады деп есептеуге болады. Орбитаның үлкен жарты осі (4-сурет) өлшемді анықтайды, ал эксцентриситет орбитаның созылыңқылығының дәрежесі. Планетаның радиус векторы эллипстің теңдеуімен анықталады:

$$r = \frac{a(1-e^2)}{1+e \cos v} \quad (36)$$

және шынайы аномалия $v = 0^0$ болғанда

$$q = \text{СП} = a(1 - e) \quad (37)$$

перигелийлік қашықтықта өзгереді, $v = 180^0$ болғанда афелийлік қашықтық

$$Q = \text{СА} = a(1 + e) \quad (38)$$

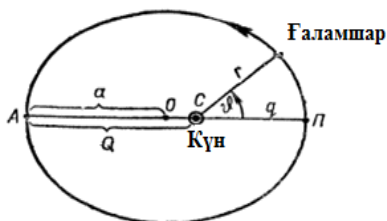
Ғаламшардың Күннен орташа қашықтығы оның орбитасының үлкен жарты осі болып табылады:

$$a = \frac{q+Q}{2} \quad (39)$$

Ғаламшарлардың арасындағы қашықтық және ғаламшарлардың Күннен қашықтығы әдетте астрономиялық бірлікпен (а.б.), кейде километрмен $1 \text{ а. б.} = 149,6 \cdot 10^6 \text{ км}$ өрнектеледі.

Екі ғаламшардың жұлдыздық немесе сидерлік T_1 және T_2 айналу периодтары олардың Күннен a_1 және a_2 орташа қашықтықтарымен Кеплердің үшінші заңы арқылы байланысады:

$$\frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{a_2^3}{a_1^3} \quad (40)$$



4-сурет. Эллиптикалық орбита

Егер T жылмен және a -астрономиялық бірлікпен берілсе, Жер үшін $T_0 = 1$ жыл және $a_0 = 1$ а.б тең болып, кез келген ғаламшар үшін:

$$T^2 = a^3 \quad (41)$$

аламыз. Ғаламшардың орташа орбитальдық немесе шеңберлік жылдамдығы

$$v_a = \frac{2\pi a}{T} \quad (42)$$

эрқашан км/с арқылы өрнектеледі. Себебі, көп жағдайда астрономиялық бірлікпен ($1 \text{ а. б.} = 149,6 \cdot 10^6 \text{ км}$) және T жылмен ($1 \text{ жыл} = 31,56 \cdot 10^6 \text{ с}$) беріледі.

$$v_a = \frac{2\pi \cdot 149,6 \cdot 10^6}{T \cdot 31,56 \cdot 10^6} = 29,78 \frac{a}{T} \quad (43)$$

(39) өрнектегі алмастырып,

$$v_a = \frac{29,78}{\sqrt{a}} \approx \frac{29,78}{\sqrt{a}} \text{ (км/с)} \quad (44)$$

өрнегін аламыз.

Ғаламшардың T синоидтық периодының айналуының орташа ұзақтығы, S сидерлік периодпен мына өрнектер арқылы байланысқан:

төменгі планеталар үшін:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \quad (45)$$

жоғарғы планеталар үшін:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \quad (46)$$

бұл жердегі T_0 - Жердің 1 жұлдыздық жылға тең сидерлік айналу периоды.

Орташа синоидтық периодтың айналуы t_1 белгілі мезгілдегі ғаламшардың кезекті анықталған конфигурациясының t_2 мезгілінің болуының жуық мәнін береді, өйткені:

$$t_2 \approx t_1 + S \quad (47)$$

Кез келген ғаламшарлық конфигурация және олардың болу уақыттары ғаламшардың гелиоцентрлік бойлығымен, ол эклиптика жазықтығында көктемгі күн мен түн теңелу нүктесінен тура бағытта сағат тіліне қарама қарсы бағытта есептеледі. Жылдың қандайда бір күнінде t_1 жоғарғы ғаламшардың гелиоцентрлік бойлығы l_1 , Жердің гелиоцентрлік бойлығы l_{01} (5-сурет). Ғаламшар орта тәулікте орбита бойымен $\omega = \frac{360^\circ}{T}$ бұрышта өтеді, ал Жер $\omega_0 = \frac{360^\circ}{T_0}$ бұрышта өтеді. Бұл жерде T және T_0 орташа тәулікпен берілген, $T > T_0$ және $\omega < \omega_0$.

Ізделінді конфигурацияның t_2 күнінде ғаламшардың гелиоцентрлік бойлығы

$$l_2 = l_1 + \omega(t_2 - t_1) = l_1 + \omega \cdot \Delta t_1 \quad (48)$$

ал Жердікі:

$$l_{02} = l_{01} + \omega_0(t_2 - t_1) = l_{01} + \omega_0 \cdot \Delta t \quad (49)$$

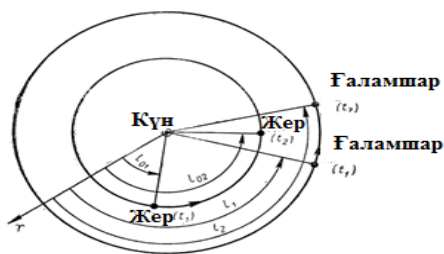
бұл жерден $\omega_0 - \omega = \Delta\omega$ және $(l_{02} - l_{01}) - (l_2 - l_1) = L$ белгілеп, мына өрнектерді аламыз:

$$\Delta t = \frac{L}{\Delta\omega} \quad (50)$$

және

$$t_2 = t_1 + \Delta t. \quad (51)$$

Төменгі ғаламшарлардың конфигурациясын есептеген кезде $\Delta\omega = \omega - \omega_0$.



5-сурет. Гелиоцентрлік бойлық

Көрінерлік созылыңқы орбитамен айналатын ғаламшарлардың Жермен жақын келуі, орташа синоидтық S және сидерлік айналу T периодымен бүтін m және n сандары арқылы қайталанады

$$mS = nT \quad (52)$$

Бұл формула ғаламшарлардың қарама қарсы келуінің периодтылығын анықтауға мүмкіндік береді.

Мысалдар

1. Кіші Поэзия ғаламшарының үлкен жарты осі мен орбитасының эксцентриситеті 3,12 а.б және 0,144 тең болса, перигелийлік және афелийлік қашықтықтарын, сидерлік және синоидтық айналу периодтарын, шеңберлік жылдамдығын табу қажет.

Берілгені: $a = 3,12a. б, e = 0,144$

Шешімі: (37) және (38) формулалар бойынша перигелийлік қашықтық $q = a(1 - e) = 3,12(1 - 0,144) = 2,67a. б$ және афелийлік қашықтық $Q = a(1 + e) = 3,12(1 + 0,144) = 3,57 a. б$ (39) формула сидерлік айналу периодын береді.

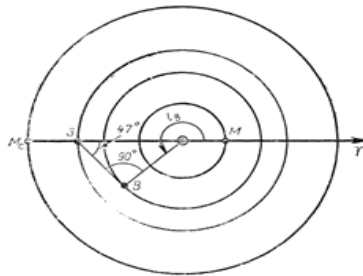
$$T = a\sqrt{a} = 3,12\sqrt{3,12}; T = 5,51 \text{ жыл}$$

Ал $a > a_0 = 1 a. б$ болғандықтан, ғаламшар жоғарғы және сол себепті оның S синоидтық айналу периоды $T_0 = 1$ жыл болғанда (45) формуламен анықталады:

$$S = \frac{T}{T - 1} = \frac{5,51}{5,51 - 1}; S = 1,22$$

(41) формула шеңберлік жылдамдықты береді:

$$v_a = \frac{29,8}{\sqrt{a}} = \frac{29,8}{3,12}; v_a = 16,9 \text{ км/с}$$



6-сурет. Гелиоцентрлік жүйе

2. 21 наурызда Меркурий (Кіші Шолпан) Күнмен жоғарғы қиылысуда болса, Шолпан – батыс ұзартуында ($\Delta\lambda = 47^0$) және Марс (Қызылжұлдыз) қарсы келуде болғанда, Жердің және ғаламшарлардың гелиоцентрлік бойлығын табу қажет.

Берілгені: Кіші Шолпан (Меркурий) $\Delta\lambda = 0^0$, Шолпан (Венера) $\Delta\lambda = 47^0$, Қызылжұлдыз (Марс) $\Delta\lambda = 180^0$

Шешімі: Сызбада (6-сурет) ғаламшарлардың орбитасын центрі Күн болатын және сәуле түсетін көктемгі күн мен түн теңелу нүктесіне бағытталған центрлі шеңберлермен белгілейміз. Күн 21 наурызда Жерден көктемгі күн мен түн теңелу нүктесінену көрінетін болғандықтан, Жер өзінің орбитасына диаметралды қарама қарсы нүктеде болады және оның гелиоцентрлік бойлығы $l_0 = 180^0$. Меркурийді (М) жоғарғы қиылысуда белгілейміз және оның гелиоцентрлік бойлығы $l_m = 0^0$. Шолпан (Ш) батыс ұзартуда және сол үшін Жер орбитасынан Шолпан орбитасына Күннен оң жаққа (батысқа) жанама жүргіземіз. Шолпанның гелиоцентрлік бойлығы

$$l_{ш} = 180^0 + (90^0 - \Delta\lambda) = 270^0 - 47^0 = 223^0$$

Қарсы келуде болған Марстың (M_c) гелиоцентрлік бойлығы $l_{M_c} = 180^0$.

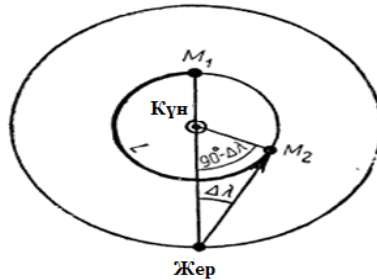
3. Меркурийдің жоғарғы қиылысуы 1975 жылы 18 сәуірде болды. Егер Меркурийдің орташа тәуліктік қозғалысы $\omega = 4^0,09$, ал Жердікі $\omega_0 = 0^0,99$ болса, шамамен қай уақытта ең жақын батыс ұзарту ($\Delta\lambda = 22^0$) өтеді?

Берілгені: Меркурий, $t_1 = 18.05.1975$, $\Delta\lambda = 22^0$, $\omega = 4^0,09$; $\omega_0 = 0^0,99$.

Шешімі: Меркурий Жерден жылдамырақ қозғалады ($\omega > \omega_0$). Сызбада (7-сурет) Жерді және Меркурийдің t_1 оған қатысты орналасуын жоғарғы қиылысу күніне (M_1) және кезекті батыс элонгациясын (M_2) көрсетейік. $\Delta t = t_2 - t_1$ уақыт аралығында Меркурий $\Delta\omega = \omega - \omega_0 = 4^0,09 - 0^0,99 = 3^0,10$ орташа тәуліктік қозғалыспен $L = M_1 M_2$ бұрышпен өтеді. Сызбадан $L = 180^0 + (90^0 - \Delta\lambda) = 270^0 - 22^0 = 248^0$ тең екендігі көрініп тұр. Онда (49) формулаға сәйкес

$$\Delta t = \frac{L}{\Delta\omega} = \frac{248^0}{3^0,10} = 80 \text{ тәулік}$$

және кезекті батыс элонгациясы $t_2 = 18.05.1975 \text{ ж} + 80 \text{ тәулік} = 98.05.1975 \text{ ж}$ немесе $t_2 = 7$ шілде 1975 жыл маңында болады.



7-сурет. Меркурийдің салыстырмалы жолы

Есентер

115. Егер Сатурн (Қоңырқай) және Нептун ғаламшарларының Күннен орташа қашықтығы 9,54 а.б. және 30,07 а.б. , ал орбитаның эксцентриситеті 0,054 және 0,008 болса, Сатурн (Қоңырқай) мен Нептун ғаламшарларының афелийлік және перигелийлік қашықтықтарын табу қажет.

116. Екі ғаламшардың Нептун ($a=30,07$ а.б. , $e=0,008$) және Плутонның ($a=39,52$ а.б. , $e=0,253$) қайсысы Күнге жақын келеді? Жақшаның ішінде осы ғаламшарлардың үлкен жартыосі мен ғаламшар орбитасының эксцентриситеті берілген.

117. Радиус векторы орташа геоцентрлік қашықтыққа тең болғандағы ғаламшардың шынайы аномалиясының мәнін табыңыз.

118. Егер Марс орбитасының үлкен жарты осі 1,52 а.б. және Күннен үлкен арақашықтығы 1,66 а.б. , сәйкес Адониста 1,97 а.б. және 3,50 а.б. болса, Адонистың орбитасының эксцентриситеті мен перигелийлік қашықтығын тап. Екі ғаламшардың қайсысы Күнге жақын келетінін көрсетіңіз.

119. Қандай орташа және үлкен гелиоцентрлік қашықтықта Икар және Смейза кіші планеталары қозғалады? Икардың перигелийлік қашықтығы мен эксцентриситеті 0,187 а.б және 0,827, ал Смейзада 3,219 а.б және 0,181 деп алайық. Осы ғаламшарлардың қайсысының радиус векторы үлкен өлшемде, абсолютті және салыстырмалы түрде өзгереді?

120. Орташа гелиоцентрлік қашықтығы 0,723 а.б және 3,10 а.б тең болатын Шолпан ғаламшары мен Еуропа астероидының Күнді айналу периодын есептеу қажет.

121. Кіші Аполлон ғаламшары мен Икей құйрықты жұлдызы Күннің маңайынан бірдей дерлік қашықтықта өтеді. Олардың қашықтықтары сәйкесінше Аполлондікі 0,645 а.б, алқұйрықты жұлдыздікі 0,633 а.б тең, ал орбиталарының эксцентриситеті 0,566 а.б және 0,9933 а.б тең болса, Аполлон ғаламшары мен Икейқұйрықты жұлдызының Күнді айналу периодын табыңыз.

122. Юпитердің (Есекқырған) алғашқы серігі – Ио оны 421 800 км арақашықтықта $42^c 28^{мин}$ уақытта айналып өтеді. Орбитасының үлкен жарты осьтері 671,1 мың км және 1070 мың км болатын Юпитердің (Есекқырған) серіктері Еуропа мен Ганимед қандай периодпен Юпитерді айналады?

123. Сатурн (Қоңырқай) ғаламшарының ең алып серігі Титан орбитаны 1221 мың км үлкен жартыосьпен $15^{күн}$, 945 айналады. Ғаламшарды $22^c 37^{мин}$ және $4^{күн}$, 518 периодпен айналатын серіктер Мимас пен Реидің Сатурннан (Қоңырқай) орташа қашықтығын табыңыз.

124. Жерден бақыланатын Күннің эллиптикадағы тәуліктік ығысуы қаңтардың басында 61' үлкен мәнге, ал шілденің басында 57' кіші мәнге жетеді. Жер орбитасының эксцентриситетін есептеп, бұл күндерде Жер оны қандай нүктелерде өтетінін көрсетіңіз.

125. Фортуна астероиды Жерге 1.056 а.б қашықтыққа дейін , ал Офелия астероиды 1.716 а.б қашықтыққа дейін жақындайды. Олардың орташа гелиоцентрлік қашықтықтары сәйкесінше 2,442 а.б және 3,129 а.б тең. Осы астероидтардың орбиталарының эксцентриситеті мен перигелийлік, афелийлік қашықтықтарын табу қажет. Жер орбитасын шеңбер деп есептеп, астероидтардың орбиталарының еңкеюін ($1^\circ, 5$ және $2^\circ, 5$) елемуге болады.

126. Меркурий (Кіші Шолпан) ($a=0,387$ а.е., $e=0,206$) және Марс (Қызылжұлдыз) ($a=1,524$ а.е., $e=0,093$) ғаламшарлары Жерден қандай шектік қашықтықта орналасуы мүмкін? Жақшада ғаламшарлардың үлкен жартыосы мен орбиталарының эксцентриситеті берілген. Жер орбитасының эксцентриситетін елемейміз.

127. Күн дискісінің диаметрінің өзгеру шегі орташа гелиоцентрлік қашықтықта $21'03''$ тең болса, Марс (Қызылжұлдыз) ғаламшарынан бақылағандағы Күн дискісінің диаметрінің өзгеру шегін табу қажет. Ғаламшар орбитасының эксцентриситеті 0,093.

128. Жерден бақылағанда Күн дискісінің көрінетін диаметрі қаңтардың басында $32'35''$ тең, ал шілденің басында $31'31''$. Жер орбитасының эксцентриситетін, перигелийлік және афелийлік қашықтығын тауып және Жер осының әсерімен эксцентриситеттің жыл мезгілдерінің ауысуына ықпалын табыңыз. $\varepsilon = 23^{\circ}27'$ тең (есептеулерді 0° , 30° және 60° географиялық ендіктер үшін жүргізіңіз).

129. Уран және Плутон ғаламшарларының шеңберлік жылдамдығы нешеге тең? Күннен орташа қашықтығы сәйкесінше 19,19 а.б. және 39,52 а.б.

130. Икар (1,078 а.б), Крымей (2,774 а.б) және Нестор (5,237 а.б) астероидтарының орташа орбиталық жылдамдығын табыңыз. Жақшаның ішінде астероидтың орташа гелиоцентрлік қашықтығы берілген.

131. Шынайы аномалияның қандай мәндерінде эллиптикалық орбита бойымен айналатын аспан денесінің жылдамдығы оның шеңберлік жылдамдығына тең болады?

132. Әдетте, Лидия астероиды әрбір 469 тәулікте, ал Инна астероиды әрбір 447 тәулікте Күнге қарама-қарсы келеді. Бұл астероидтар орташа алғанда Күннен Жерге қарағанда неше есе алыс?

133. Меркурийдің (Кіші Шолпан) орташа синоидтық айналу периоды 116 тәулікке тең және перигелийлік қашықтығы 0,307 а.б, Сатурнда (Қоңырқай) 116 тәулік және 9,024 а.б. Осы ғаламшарлар үшін сидерлік айналу периоды, үлкен жарты ось пен орбитаның эксцентриситетін, афелийлік қашықтықты, үлкен және кіші геоцентрлік қашықтықтарды, шеңберлік жылдамдықты және эллиптикалық орбитаның себебінен Күннен қабылданатын жылудың шектік мәндерін өзгерісін есептеңіз. Жер орбитасын шеңбер деп қарастырыңыз.

134. Шолпанның өткен және келесі батыс элонгациясының жуықталған мерзімін есепте. Дәл осындай конфигурация 7 қараша 1975 жылы болса, Шолпанның орбитасының үлкен жарты осы $0,723$ а.б. тең.

135. Егер Меркурийдің (Кіші Шолпан) алдыңғы төменгі қиылысуы 9 қазан 1975 жылы болса, Меркурийдің (Кіші Шолпан) төменгі және жоғарғы кезектесе келген қиылысуларының жуықталған мерзімін табыңыз. Меркурийдің (Кіші Шолпан) жұлдыздық айналу периоды 88 тәулікке тең.

136. Егер 1975 жылы 9 наурызда Меркурийдің (Кіші Шолпан) гелиоцентрлік бойлығы 243° , Юпитердікі (Есекқырған) 359° болса, 1975 жылғы 25 қыркүйектегі Меркурий (Кіші Шолпан) мен Юпитердің (Есекқырған) гелиоцентрлік бойлығын табу қажет. Меркурий мен Юпитердің орташа тәуліктік қозғалысы $4^\circ,09$ және $5^\circ,0$.

137. 17 ақпан 1975 жылы Шолпанның гелиоцентрлік бойлығы 26° , ал Сатурнның (Қоңырқай) гелиоцентрлік бойлығы 107° тең болсын. Бұл ғаламшарлардың орташа тәуліктік қозғалысы $1^\circ,602$ және $0^\circ,034$ тең. Екі ғаламшардың 17 шілде 1975 жылғы гелиоцентрлік бойлығын есептеп, осы ғаламшарлардың гелиоцентрлік бойлығының дәл сол уақыт мезетіндегі лезде өзгеруінің айырмашылығын түсіндіріңіз.

138. 29 наурыз 1975 жылы Жердің гелиоцентрлік бойлығы 187° тең болды, Юпитердікі (Есекқырған) 1° және Урандікі 210° . Егер Жердің орташа тәуліктік қозғалысы $0^\circ,986$, Юпитерде (Есекқырған) $4',98$ және Уранда $0',72$ тең болса, бұл ғаламшарлардың ең жақын қарама-қарсы келуі болатын мезетті анықтаңыз.

139. Егер 23 сәуір 1975 жылы Шолпанның гелиоцентрлік бойлығы 131° , ал Жердің гелиоцентрлік бойлығы сәйкес 212° болса, Шолпанның кезекті жоғарғы қиылысу күнін табыңыз. Шолпанның орташа тәуліктік қозғалысы $1^\circ,602$, ал Жердікі $0^\circ,986$ тең.

140. Шолпанның үлкен батыс элонгациясы ($\lambda = 47^\circ$) 7 қараша 1975 жылы болған болса, келесі кезекті төменгі қиылысуының мерзімін анықтаңыз. Орташа тәуліктік қозғалыс жайлы мәліметті 139 есептен қараңыз.

141. Меркурийдің (Кіші Шолпан) батыс элонгациясы ($\lambda = 27^\circ$) 1975 жылы 6 наурызда болса, келесі шығыс элонгациясының ($\lambda = 22^\circ$) мезетін анықтаңыз. Меркурийдің орташа тәуліктік қозғалысы $4^\circ,092$ тең, ал Жердікі $0^\circ,986$.

142. Ирма астероидының қарсы келуіс 23 қыркүйек 1976 жылы, ал Линанікі 2 желтоқсан 1976 жылы болды. Ирма

астероидының орбитасының үлкен жарты осі 2,772 а.б, Лина орбитасы 3,139 а.б. Осы екі астероидтың ең жақын бір-бірімен қиылысуы қашан болады?

143. Меркурий (Кіші Шолпан) батыс элонгациясында ($\lambda = 28^\circ$), Шолпан төменгі қиылсуда, Марс (Қызылжұлдыз) қиылысуда және Юпитер (Есекқырған) қарсы келуде болғанда, Жердің және ғаламшарлардың 23 қыркүйектегі гелиоцентрлік бойлығын анықтаңыз.

144. Жердің гелиоцентрлік кеплер қозғалысының ең аз және ең көп жылдамдықтарын анықтаңыз. Табылған шаманы Жерден Күнге дейінгі қашықтықпен Күнді айнала қозғалаған Жер жылдамдығымен салыстырыңыз. Жер орбитасының эксцентриситетін $1/60$, ал Жерден Күнге дейінгі қашықтық $149,6 * 10^6$ км деп алыңыз.

145. Жер орбитасының үлкен жарты осі (оның Күн айналуындағы қозғалысы) $149,6 * 10^6$ км тең. Орбитаның эксцентритеті $1/60$ құрайды (толығырақ $0,01697$). Жердің ең үлкен және ең кіші гелиоцентрлік қашықтығын табу керек.

146. Юлиан күні 2 443 744, 72 942 тең болған кездегі, бүкіл әлемдік уақытты табыңыз.

§ 7. Күн жүйесіндегі денелердің айналысы, өлшемі және арақашықтығы

Күн жүйесіндегі денелердің Жерден r арақашықтығын – дененің горизонталды экваторлық параллакс p_0 және Жердің R_0 экваторлық радиусы арқылы есептеледі:

$$r = \frac{R_0}{\sin p_0} \quad (53)$$

Немесе, параллакс минутпен берілген жағдайда (p_0'):

$$r = \frac{3438' R_0}{p_0'} \quad (54)$$

Егер параллакс секундпен берілсе (p_0''):

$$r = \frac{206265'' R_0}{\rho_0''} \quad (55)$$

$R_0 = 1$ деп есептесек, онда r Жердің экваторлық радиусында жатады. Әдетте, r шамасын километрмен 6378 км деп есептеу қабылданған.

Егер аспан денесінің бұрыштық өлшемі $\rho \geq 3^0$ болса, оның сызықтық өлшемі төмендегідей:

$$R = r \sin \rho \quad (56)$$

ал $\rho < 3^0$ болса, $\sin \rho$ және ρ шамаларының пропорционалдығының нәтижесінде:

$$R = r \frac{\rho'}{3438'} (\rho - \text{минутпен берілген жағдайда}) \quad (57)$$

$$R = r \frac{\rho''}{206265''} (\rho - \text{секундпен берілген жағдайда}) \quad (58)$$

және, ρ_0 мен ρ бірдей өлшем бірлігімен есептелген кезде:

$$R = R_0 \frac{\rho}{\rho_0} \quad (59)$$

Әдетте, Күннің және планеталардың радиусы Жердің радиусы арқылы есептеледі. Полярлық радиус R_n , экваторлық радиус R_e және планетаның ε сығылуы төмендегі формуламен байланысқан:

$$R_n = R_e(1 - \varepsilon) \quad (60)$$

ал орташа радиустың формуласы:

$$R_c = \sqrt[3]{R_e^2 R_n} = R_e \sqrt[3]{1 - \varepsilon} \quad (61)$$

Аспан денесінің өз өсінен айналу бағыты мен Күнді айналу бағыты сәйкес келсе оның S күндік тәулігі, P өз өсін айналу

периоды және T Күнді айналу периоды келесідей өрнекпен байланысқан:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{T} \quad (P < T \text{ болса}) \quad (62)$$

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{P} \quad (T < P \text{ болса}) \quad (63)$$

Мысалдар

1. Жерден алыс емес қашықтықта өтіп бара жатқан құйрықты жұлдыздың горизонталды экваторлық параллаксы $14''{,}5$ ал басының диаметрі $15'$ және құйрығының көрінетін ұзындығы 8^0 . Құйрықты жұлдыздың басының және құйрығының төменгі бөлігінің сызықтық өлшемдерін табыңыз (Бақылаушы жұлдыздың құйрығының проекциясын аспан сферасынынан көреді)

Берілгені: $p_0 = 14''{,}5$, $\rho = 15'$ және $\lambda = 8^0$

Шешімі: Құйрықты жұлдыздан Жерге дейінгі қашықтықты (55) формула бойынша табамыз

$$r = \frac{206265'' R_0}{p_0''} = 90,73 \cdot 10^6 \text{ км}$$

Немесе Күннің параллаксы арқылы

$$r = a_0 \frac{p_{\text{Күн}}}{p_0} = 1 \cdot \frac{8''{,}794}{14''{,}5} = 0,6065 \text{ а. б.}$$

$$r = 0,6065 \cdot 149,6 \cdot 10^6 = 90,73 \cdot 10^6 \text{ км}$$

$\rho < 3^0$ болғандықтан, (57) формула бойынша құйрықты жұлдыздың басының сызықты диаметрі

$$D = r \frac{\rho'}{3438'} = 90,73 \cdot 10^6 \frac{15'}{3438'} = 396 \cdot 10^3 \text{ км}$$

Құйрығының бұрыштық ұзындығы $\lambda=8^0 > 3^0$, сондықтан (56) формуланы пайдаланамыз:

$$l = r \sin \lambda = 0,6065 \cdot \sin 8^0 = 0,0844 \text{ а. б}$$

немесе

$$l = 0,0844 \cdot 149,6 \cdot 10^6 = 12,6 \cdot 10^6 \text{ км}$$

2. Белгілі бір планета Күнді 1,52 жылда айналып шығады, ал өз өсін 32 тәулік периодпен, қарама-қарсы бағытта айналады. Планетаның күндік тәулігінің ұзақтығын табыңыз.

Берілгені: $T=1,52$ жыл = 555 күн, $P=32$ күн

Шешімі: $T > P$ болғандықтан, және өз өсін айналу бағыты Күнді айналу бағытына қарама қарсы болғандықтан (59) формулаға сәйкес

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{T} = \frac{1}{32} + \frac{1}{555} = \frac{587}{32 \cdot 555}$$

Осыдан күндік тәуліктің ұзақтығы:

$$S = \frac{32 \cdot 555}{587} = 30 \text{ күн, яғни Жердің 30 күніне тең.}$$

Есептер

147. Жердің экваторлық радиусы 6378 км, ал полярлық радиусы 6357 км болса, оның орташа радиусы мен сығылуын есептеңіз.

148. Шолпанға бағыт алған радиоимпульстің төменгі бөлігінен Күнге дейінгі қашықтығы 0,7233 а.б , радиоимпульс Жерге $4^m 36^s$ уақыттан соң қайта оралады. Осы радиолокация мезетіндегі планетаның геоцентрлік арақашықтығын астрономиялық бірлікпен және километрмен есептеп, Күннің орташа горизонталды экваторлық параллаксін анықтаңыз.

149. Жерден Марсқа (Қызылжұлдыз) жіберілген радиосигнал Жерге 522,6 секундтан соң қайта оралады, Жердің орташа геоцентрлік арақашықтығын және оған сәйкес Күннің горизонталды экваторлық параллаксін табыңыз. Марстың (Қызылжұлдыз) сидерлік периоды 1,881 жыл.

150. Айдың горизонталды экваторлық параллаксын табыңыз, егер оның геоцентрлік арақашықтығы: орташа (384 400 км), жақын (356 410 км) және алыс (406 740 км) екені белгілі болса. Жердің экваторлық радиусын 6378 км деп алыңыз.

151. 150-есептің нәтижелері бойынша, Айдың орташа геоцентрлік арақашықтығы $31^{\circ}05''$ болғандағы Ай дискінің диаметрін есептеңіз

152. 1975 жылы радиолокациялық әдіспен зерттеудің нәтижесінде Айдың геоцентрлік арақашықтықтары анықталды: 16 қаңтар 406 090 км, 28 қаңтар 357 640 км, 12 ақпан 406 640 км. Осы уақыт аралықтарындағы үлкен жарты өсінің шамасын және Ай орбитасының эксцентриситетін анықтаңыз.

153. Меркурийге (Кіші Шолпан) бағытталған радиосигнал, Жерге $8^{\text{м}}52^{\text{с}}$ уақыттан соң қайта оралды. Планетаның геоцентрлік арақашықтығын және орбитасының эксцентриситетін табыңыз, Меркурийдің (Кіші Шолпан) орбитасының үлкен жарты өсі 0,387 а.б.

154. Эрота астероидының синодтық айналу периоды 2,316 жылды құрайды. 1975 жылы 23 қаңтарда оның горизонталды экваторлық параллакссы $58''26$ тең болды, Жердің радиус векторы астероидтың перигелийлік арақашықтығымен шамалас десек (Жер орбитасының эксцентриситеті 0,017) астероидтың сол күні Жерден қандай қашықтықта өткенін, және астероидтың үлкен жарты өсі мен эксцентриситеті қаншаға тең екенін анықтаңыз.

155. Уран мен Нептунның афелилік, перигелилік және орташа арақашықтықтағы горизонталды экваторлық параллакссын анықтаңыз. Планеталардың үлкен жартыөсі мен эксцентриситеті сәйкесінше Урандікі 19,19 а.б және 0,0460, ал Нептундікі 30,07 а.б және 0,0079. Күннің параллакссы $8''794$.

156. Жердің орташа гелиоцентрлік қашықтығы $8''794$, ал эксцентриситеті 0,0167 болса, Күннің экваторлық параллакссы қандай аралықта өзгереді.

157. Айдың горизонталды экваторлық параллакссы $55'1$, ал Ай дискі радиусы $15^{\circ}0$ болса, Айдың сызықтық радиусын километрмен есептеңіз.

158. Юпитердің (Есекқырған) горизонталды экваторлық параллакссы $2''09$, ал Сатурндікі (Қоңырқай) $1''03$ тең, және бұрыштық экваторлық радиусы мен бұрыштық диаметрі сәйкесінше

Юпитердікі $46^{\circ}8'$ және $43^{\circ}9'$, ал Сатурндікі (Қоңырқай) $19^{\circ}4'$ және $17^{\circ}5'$ тең болса, осы планеталардың орташа экваторлық және полярлық радиусын, және сығылуын анықтаңыз.

159. Юпитер (Есекқырған) планетасындағы Қызыл дақтың сызықтық өлшемдерін және сол планетаның радиациондық белдеуінің диаметрін анықтаңыз. Егерде қызыл дақ Жерден бақылағанда $10''$ бұрышпен көрінсе, ал планетаның радиосәулеленуі оның дискі центрінен $13^{\circ}7'$ арақашықтықта бақыланатыны белгілі болса. Юпитердің (Есекқырған) параллаксын $2^{\circ}09'$ деп аламыз.

160. Күннің горизонталды экваторлық параллаксы $8^{\circ}794'$ тең, ал оның бұрыштық диаметрі $32'$. Жермен салыстырғандағы Күннің сызықты радиусын және бұрыштық диаметрлері $0^{\circ}8'$ және $24''$ болатын Күн дақтарының сызықтық диаметрін табыңыз.

161. Юпитердің (Есекқырған) Күннен орташа $5,20$ а.б арақашықта, Жерден Юпитердің (Есекқырған) 4 спутнигінің элонгациясы бақыланады, олар сәл созылық орбитасымен айналады, олардың параллакстары $138''$, $5;220''$, $3;351''$, 2 және $618''$, 1 . Осы спутниктердің үлкен жарты өстерінің мәнін табыңыз.

162. Марстың (Қызылжұлдыз) серіктері Фобос пен Деймос, Жердегі бақылау нәтижесінде Марстан (Қызылжұлдыз) шамамен $24^{\circ},7'$ және $61^{\circ},8'$ қашықтыққа ұзақтайтыны белгілі болды. Марстың үлкен жарты өсін $1,524$ а.б деп алып, екі серіктің Марстан қандай арақашықтықта айналатынын анықтаңыз.

163. Селенографиялық параллелдерде ендігі 30° және 60° болатын, Айдың экваторындағы нүктелердің бұрыштық және сызықтық жылдамдықтарын анықтаңыз. Айдың диаметрі – 3476 км, ал айналу периоды – $27^{\text{күн}},32$.

164. Диаметрі 142800 км болатын Юпитердің экваторлық аймағы 9 сағат 50 минут периодпен айналады, ал диаметрі 139400 км орталық аймағы 9 сағат 55 минут периодпен айналады. Ендігі $+30^{\circ}$ және $+60^{\circ}$ болған кездегі планетаның экваторындағы нүктелерінің сызықтық, бұрыштық жылдамдықтарын және параллельдерін табыңыз.

165. 1 сағат бақылау нәтижесінде Марстың бойлығы $14^{\circ},62'$ бұрышқа орын ауыстырды. Марстың (Қызылжұлдыз) айналу периодын және ендігі -20° және -50° болған мезеттегі экватордағы нүктелердің сызықты айналу жылдамдығын табыңыз.

166. Экватордың айналу жылдамдығынан екі есе, төрт есе немесе сегіз есе кіші болғанда, Жер үсті нүктелеріндегі географиялық ендікті табыңыз.

167. Меркурий мен Ай өз орбитасының қозғалысы бағытымен $58^{\text{күн}}$, 65 және $27^{\text{күн}}$, 32 периодпен айналып жүр. Меркурийдің Күнді айналу периоды 88 күн, ал Ай Күнді Жермен бірге айналады. Меркурий мен Айдағы күндік тәулік қаншаға тең?

168. Егер Меркурий, Ай және Жер өз орбиталарына қарама-қарсы, яғни шығыстан батысқа қарай айналса, осы аспан денелерінің күндік тәулігі қанша болмақ?

169. Өз өсіні айналу периоды $243^{\text{күн}}$, 16 болатын, өз өсінен бұрыс бағытта айналатын Шолпан планетасының өз өсіні айналу бағыты дұрыс бағытта болса, күндік тәулігінің ұзақтығы қанша болады? Шолпанның Күнді айналу периоды 225 күн.

§8. Бүкіләлемдік тартылыс заңы мен екі дене есебі

Екі дене есебі жеке жағдайда қозғалмайтын және орталық дене деп аталатын M үлкен массалы денеге қатысты " m " аз массалы дененің қозғалысын қарастырады.

Қозғалыстағы дененің орталық нүктесіне қатысты сызықтың жылдамдығы v энергия интегралымен сипатталады

$$v^2 = \mu \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right) \quad (64)$$

бұл жерде $\mu = G(M + m)$, a -кіші массалы дененің орбитасының үлкен жарты осі, r -сол дененің радиус-векторы, G -гравитациялық тұрақтылық.

Егер қозғалып келе жатқан массалы дене M орталық массалы дене мен салыстырғанда елеулі аз болса онда екі дене есебі шектеулі деп аталады, сонда $\mu = GM$.

Энергия интегралына сәйкес аз массалы дене $r = a$ радиусы бойынша айналмалы орбитада (эксцентриситет $l = 0$) орталық дененің айналасымен айналу үшін, ол осы қашықтықта айналмалы жылдамдық деп аталатын жылдамдыққа ие болуы қажет.

$$v_k = \sqrt{\frac{\mu}{a}} = \sqrt{\frac{\mu}{r}} \quad (65)$$

Дене қозғалысының орташа жылдамдығы ретінде ол сондай-ақ айналыс периоды T және дененің орбитасының үлкен жарты осі ретінде есептелінуі мүмкін:

$$v_k = v_a = \frac{2\pi a}{T} \quad (66)$$

Егер орталық денеден r қашықтықта қозғалатын дененің жылдамдығы болса

$$v_n = v_k \sqrt{2} = \sqrt{\frac{2\mu}{r}} \quad (67)$$

онда орбита парабола болады ($l = 1, a = \infty$). Сондықтан v_n жылдамдығы параболалық деп аталады.

Егер $v > v_n$ болса, онда қозғалатын дене орталық денеден гипербола бойынша өтеді ($l > 1$).

Орбитаның әрбір нүктесінде r радиус-векторы бар дене жылдамдығы

$$v = v_a \sqrt{\frac{2a}{r} - 1} \quad (68)$$

формуласымен анықталады.

Орталық денеге жақын эллиптикалық орбитаның нүктесі перицентр, ал одан ең алысы - апоцентр деп аталады. Бұл нүктелер орталық дененің атауы бойынша нақты атаулар алады. Және олардың кейбіреулері төменгі кестеде келтірілген:

<i>Орталық дене</i>	<i>Грек атауы</i>	<i>Перицентрлік атауы</i>	<i>Апоцентрлік атауы</i>
Күн	Гелиос	перигелий	афелий
Жер	Ген	перигей	апогей
Шолпан	Геспер	перигесперий	апогесперий
Марс	Арес	периарий	апоарий
Сатурн	Кронос	перикроний	апокроний
Ай	Селена	периселений	апоселений

Перицентрде, $r = q = a(1 - e)$, дене-спутник ең жоғарғы жылдамдыққа ие

$$v_q = v_a = \sqrt{\frac{Q}{q}} = v_a \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \quad (69)$$

ол апоцентрде, $r = Q = a(1 + e)$ кезінде ең аз жылдамдық

$$v_Q = v_a \sqrt{\frac{q}{Q}} = v_a \sqrt{\frac{1-e}{1+e}} \quad (70)$$

Аспан денелерінің жылдамдығы әрдайым км/с-та көрсетіледі, ол қашықтықтар астрономиялық бірліктерде, километрлерде немесе орталық дененің радиустарында берілуі мүмкін. Сондықтан (68), (69) және (70) формуласында бірдей өлшем бірліктерінде қашықтықтың мәнін орнату қажет.

Күннің тартылу өрісінде, одан еркін r қашықтықта астрономиялық бірліктерде (а.б) көрсетілген, айналмалы жылдамдық

$$v_k = \frac{29,78}{\sqrt{r}} \approx \frac{29,78}{\sqrt{r}} \text{ [км/с]} \quad (71)$$

Егер r қашықтық километрмен берілсе, ол орталық дененің массасы Жер масса бірлігінде көрсетілсе, онда айналмалы жылдамдық

$$v_k = 631,3 \sqrt{\frac{M}{r}} \text{ [км / с]} \quad (72)$$

Ақырында, масса Жер масса бірлігінде және қашықтық Жер радиусы бірлігінде өлшеу кезінде айналмалы жылдамдық

$$v_k = 7,91 \sqrt{\frac{M}{r}} \text{ [км/с]} \quad (73)$$

Эллиптикалық орбитада орталық дененің айналасында үлкен a жартылай өсінде айналатын дененің v_a орташа немесе айналмалы жылдамдығы, сондай-ақ (67), (68) және (69) формулалар бойынша оларға $r = a$ өрнегін орналастыру арқылы өрнектеледі.

(68) және (69) формуласына $r = R$ (аспан дененің радиусы) өрнегін қою ғарышкер деп аталатын бірінші ғарыш жылдамдығы осы дененің бетінде айналмалы жылдамдығының мәнін береді. Екінші ғарыштық жылдамдық $w_n = w_k \sqrt{2}$

$$v_k = \frac{w_k}{\sqrt{r}} \text{ және } v_n = \frac{w_n}{\sqrt{r}} \quad (74)$$

Мұндағы r көктегі дененің ортасынан есептеледі және оның радиустарында көрінеді.

Кеплердің үшінші жалпыланған заңы

$$\frac{T_2^2(M_2+m_2)}{T_1^2(M_1+m_1)} = \frac{a_2^3}{a_1^3} \quad (75)$$

Үлкен жартылай остері тиісінше a_1 және a_2 тең болатын, өз орталық денелерінің айналасында T_1 және T_2 периодтарымен (M_1 және M_2 массаларымен) эллипстік орбита бойынша айналатын, m_1 және m_2 массалары бар кез келген дене жүйелерінде қолданылады.

Планеталар мен олардың серіктерінің массалары әдетте Жер массасында (сирек Күн массасында, тоннамен және килограммен), орбитаның үлкен жарты остері астрономиялық бірліктерде немесе километрмен, ал айналыс периоды-жылдармен және тәуліктермен, ал кейде сағат пен минутта көрсетіледі.

(75) формуламен есептеу кезінде бірлік жүйесін таңдау маңызды емес, тек біртекті шамалар бірдей бірліктерде ғана көрсетілген. Егер де бұл заң

$$\frac{T^2(M+m)}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G} \quad (76)$$

түрінде пайдаланылса, онда есептерді шешу бірліктердің белгілі бір жүйесінде міндетті түрде жүргізіледі; өйткені әртүрлі жүйелерде гравитациялық тұрақтының сандық мәні әртүрлі.

Егер айналыс периоды Жердегі орташа тәуліктерде, қашықтықтар – километрде және массасында – Жер массасында берілсе, онда Кеплердің үшінші заңы

$$T^2(M + m) = 132,7 \cdot 10^{-16} a^3 \quad (77)$$

түрінде болады.

Мысалдар

1. Галлей құйрықты жұлдызы 1910 ж. 54,52 км/с жылдамдықпен өзінің перигелийін 0,587 а.б. гелиоцентрлік арақашықтықта, ал Икейи-Секи құйрықты жұлдызы 1965 ж. 480 км/с жылдамдықпен 0,0083 а. б. перигелийлік арақашықтықта өтті. Бұл құйрықты жұлдыздар қандай орбитамен қозғалады және олар Күнге қай кезде оралады?

Берілгені: Галлейқұйрықты жұлдызы, $q = 0,587$ а.б., $v_q = 54,42$ км/с; Икейи-Секи құйрықты жұлдызы $q = 0,0083$ а. б., $v_q = 480$ км/с.

Шешуі: Орбитаның түрін анықтау үшін құйрықты жұлдыз берілген q арақашықтығы бойынша Күнге қатысты айналмалы v_k және парабодалық v_n жылдамдығын қайта есептеп және есептелген жылдамдықты шын мәнімен салыстыру қажет.

Галлей құйрықты жұлдызы (67) формуласына сәйкес, $q = 0,587$ а.б. арақашықтықта айналмалы жылдамдығы

$$v_k = \frac{29,78}{\sqrt{q}} = \frac{29,78}{\sqrt{0,587}} = 38,87 \text{ км/с,}$$

ал (67) формула бойынша парабодалық жылдамдығы

$$v_n = v_k \sqrt{2} = 38,87 \cdot 1,414 = 54,96 \text{ км/с} \approx 55 \text{ км/с}$$

$v_k < v_q < v_n$ және сонымен қатар $v_q v_n$ -ға жақын болғандықтан, үлкен жарты осі (68) және (71) формуласымен есептелінетін Галлей құйрықты жұлдызы Күннің айналасын өте созылыңқы эллиптикалық орбитада айналады.

(64) формуласына $r = q$ өрнегін қою арқылы,

$$v_q = v_a \sqrt{\frac{2a}{q} - 1}$$

табамыз.

(71) формуласы бойынша құйрықты жұлдыздың айналым жылдамдығы

$$v_a = \frac{29,78}{\sqrt{a}} \text{ [км/с]}.$$

Бұл формуланы алдыңғы өрнекке қою арқылы

$$v_q = 29,78 \sqrt{\frac{2}{q} - \frac{1}{a}}$$

өрнегін аламыз.

Бұл жердегі

$$a = \frac{29,78^2}{29,78^2 \cdot \frac{2}{q} - v_q^2} = \frac{886,85}{886,85 \cdot \frac{2}{0,587} - 54,52^2} = 18,0 \text{ а.б.}$$

(35) формула бойынша орбитаның эксцентриситеті

$$e = 1 - \frac{q}{a} = 1 - \frac{0,587}{18,0} = 0,967$$

Кеплердің үшінші заңы бойынша (39) кометаның айналыс периоды

$$T = a\sqrt{a} = 18\sqrt{18} \approx 76 \text{ жыл}$$

Демек Галлей құйрықты жұлдызы Күнге қайта оралады және 1986 ж. көрінеді.

Икейи-Секи құйрықты жұлдызы. $r = q = 0,0083$ а.б. арақашықтықта айналмалы жылдамдығы

$$v_k = \frac{29,8}{\sqrt{q}} = \frac{29,8}{\sqrt{0,0083}} = 327 \text{ км/с}$$

және параболалық жылдамдығы

$$v_n = v_k \sqrt{2} = 327 \cdot 1,41 = 461 \text{ км/с}$$

Яғни құйрықты жұлдыздың перигелийдегі жылдамдығы $v_q > v_n$; Құйрықты жұлдыз Күннің жанынан гиперболалық орбитада өтті және одан әрі қайтып оралмайды.

2. Икар астероиды үшін орташа жылдамдықты, перигелийдегі жылдамдықты, афелийдегі және шынайы ауытқулары 90° орбитаның нүктесінде, сондай-ақ Күннен сол арақашықтықтағы айналмалы және параболалық жылдамдықты табу. Икар орбитасының үлкен жарты өсі және эксцентриситеті $1,078$ а. б. және $0,826$ тең.

Берілгені: Икар, $a = 1,078$ а.б., $e = 0,826$, $\vartheta = 90^\circ$.

Шешуі: (34), (35) және (36) формулалар бойынша гелиоцентрлік арақашықтығын табамыз:

$\vartheta = 90^\circ$ кезінде

$$r = \frac{1,078(1-0,826^2)}{1+e \cos 90^\circ} = 0,342 \text{ а. б.},$$

$$q = 1,078(1 - 0,826) = 0,188 \text{ а. б.},$$

$$Q = 1,078(1 + 0,826) = 1,968 \text{ а. б.}$$

(71), (69) және (70) формулалар бойынша планетаның айналмалы жылдамдығы

$$v_a = \frac{29,8}{\sqrt{1,078}} = 28,7 \text{ км/с},$$

перигелийдегі жылдамдығы

$$v_q = 28,7 \sqrt{\frac{1,968}{0,188}} = 93,0 \text{ км/с},$$

және афелийдегі жылдамдығы

$$v_Q = \frac{28,7}{\sqrt{\frac{1,968}{0,188}}} = 8,86 \text{ км/с},$$

(68) формула бойынша $\nu = 90^0$ кезіндегі жылдамдығы

$$v_r = 28,7 \sqrt{\frac{2 \cdot 1,078}{0,342}} - 1 = 66,1 \text{ км/с},$$

(71) және (67) формула бойынша $q = 0,188$ а.б. арақашықтықта айналмалы жылдамдық

$$v_{kq} = \frac{29,8}{\sqrt{0,188}} = 68,7 \text{ км/с},$$

және параболалық жылдамдық $v_{nq} = 68,7 \cdot 1,41 = 96,9 \text{ км/с}$,
яғни $v_{kq} < v_q < v_{nq}$.

$Q = 1,968$ а.б. арақашықтықта

$$v_{kQ} = \frac{29,8}{\sqrt{1,968}} = 21,2 \text{ км/с}$$

және $v_{nQ} = 21,2 \cdot 1,41 = 29,9 \text{ км/с}$, яғни $v_Q < v_{kQ} < v_{nQ}$.

$r = 0,342$ а.б. арақашықтықта

$$v_{kr} = \frac{29,8}{\sqrt{0,342}} = 50,8 \text{ км/с}$$

және $v_{nr} = 50,8 \cdot 1,41 = 71,6 \text{ км/с}$, яғни $v_{kr} < v_r < v_{nr}$.

3. $421,6 \cdot 10^3$ км қашықтықта айналмалы орбитада $1^{\text{күн}}, 769$ периодымен планетаның айналасында айналатын Ио спутнигінің қозғалысы бойынша Есекқырғанның массасын табу.

Берілгені: спутник, $T = 1^{күн}$, 769 , $a = 421,6 \cdot 10^3$ км,

Шешуі: (77) формула

$$M = 132,7 \cdot 10^{-16} \cdot \frac{a^3}{T^2} = 132,7 \cdot 10^{-16} \cdot \frac{(421,6 \cdot 10^3)^3}{(1,769)^2} = 318$$

береді.

4. Юпитерде (Есекқырған) бірінші және екінші ғарыштық жылдамдықты, бетінен 3 және 8 қашықтықтағы айналмалы және параболалық жылдамдығын, сондай-ақ радиусы $421,6 \cdot 10^3$ км айнымалы орбитада айналатын Ио бірінші спутнигінің жылдамдығын есептеу. Юпитердің (Есекқырған) массасы Жердің 318 массасына, ал орташа радиусы – Жердің 10,9 радиусына тең.

Берілгені: Юпитер (Есекқырған), $M = 318$, $R = 10,9$; арақашықтық: $3R$ және $8R$ беткі қабатында, немесе $r_1 = 4R$ және $r_2 = 9R$ планетаның центрінен. Ио спутнигі, $T = 1^{күн}$, 769 ; $a = 421,6 \cdot 10^3$ км

Шешуі: (73) формула бойынша бірінші ғарыштық жылдамдық

$$\omega_k = 7,91 \sqrt{\frac{M}{R}} = 7,91 \sqrt{\frac{31,8}{10,9}} = 42,7 \text{ км/с}$$

және (67) формула бойынша екінші ғарыштық жылдамдық

$$\omega_n = \omega_k \sqrt{2} = 42,7 \cdot 1,41 = 60,2 \text{ км/с.}$$

(74) формула бойынша, әртүрлі қашықтықта айналмалы жылдамдық

$$v_{k_1} = \frac{\omega_k}{\sqrt{r_1}} = \frac{42,7}{\sqrt{4}} = 21,4 \text{ км/с}$$

және

$$v_{k_2} = \frac{\omega_k}{\sqrt{r_2}} = \frac{42,7}{\sqrt{9}} = 14,2 \text{ км/с,}$$

Ал параболалық жылдамдық

$$v_{n_1} = \frac{\omega_n}{\sqrt{r_1}} = \frac{60,2}{\sqrt{4}} = 30,1 \text{ км/с}$$

және

$$v_{n_2} = \frac{\omega_n}{\sqrt{r_2}} = \frac{60,2}{\sqrt{9}} = 20,1 \text{ км/с.}$$

(64) формулаға сәйкес, Ио спутнигінің жылдамдығы

$$v_a = 631,3 \sqrt{\frac{M}{r}} = 631,3 \sqrt{\frac{318}{421,6 \cdot 10^3}} = 17,3 \text{ км/с.}$$

Есептер

170. Шолпан (0,723 а. б.), Жер (1,00 а. б.), Юпитер (Есекқырған) (5,20 а. б.) және Плутон (39,5 а. б.) планеталарының орташа арақашықтығындағы Күнге қатысты дөңгелек және параболалық жылдамдықтары неге тең? Жалпы нәтижелері бойынша табылған заңдылықтарды табу және түсіндіру. (Планеталардың Күннен арақашықтығы жақшаларда көрсетілген.)

171. Перигелий мен афелийдағы Ахиллес пен Гектор шағын планеталарының жылдамдығын есептеу, егер олардың айналмалы жылдамдығы 13,1 км/с жақын болса, ал эксцентриситеттер тиісінше 0,148 және 0,024 тең болса. Шамамен бұл планеталар қандай орташа гелиоцентрикалық арақашықтықта орналасқан?

172. Меркурий (Кіші Шолпан) орбитасының үлкен жартылай осі және эксцентриситеті 0,387 а. б. және 0,024-ке, ал Марс (Қызылжұлдыз) орбитасы – 1,524 а. б. және 0,093-ке тең. Бұл планеталардың орташа жылдамдығын, олардың перигелийдағы және афелийдағы жылдамдығын табу.

173. Орбиталарды шеңберлі және эклиптика жазықтығында жатқан деп есептей отырып, олардың негізгі конфигурацияларында Меркурийдың (Кіші Шолпанның), Шолпанның және Марстың (Қызылжұлдыздың) сәулелік жылдамдығын табу. Шешу үшін қажетті деректерді 170 және 172 есептерінен алу. (Сәулелік жылдамдық бақылаушының көру сәулесіне кеңістіктік жылдамдық проекциясы деп аталады, яғни бұл жағдайда Жерден планетаға бағыт беру.)

174. Лидия мен Адонис астероидтарының жылдамдығын олардың орташа, перигелийлік және афелийлық арақашықтықтарда, сондай-ақ осы арақашықтықтағы айналма және параболалық жылдамдықты есептеу. Бірінші астероид орбитасының

үлкен жартылай осі және эксцентриситеті 2,73 а. б. және 0,078, ал екіншісі – 1,97 а. б. және 0778 тең.

175. Меркурийдың (Кіші Шолпанның) жылдамдығы қандай гелиоцентрлік арақашықтықта 56,1 км/с және 41,7 км/с-қа тең? Планета орбитасының үлкен жарты осі 0,387 а. б.

176. $57,15 \cdot 10^6$ км геоцентрлік арақашықтықта ұлы қарсы тұру дәуіріндегі Марс (Қызылжұлдыз) Күнге қатысты қандай жылдамдықпен өтті? Бұл жылдамдықты Күннен сол арақашықтықта айналма және параболалық жылдамдықпен салыстыру. Марс (Қызылжұлдыз) орбитасының үлкен жарты осі 1,524 а. б.

177. Эрот астероид үшін алдыңғы есепті шешу, егер ол ұлы қарсы тұру дәуірінде өзінің перигелийін 1975 жылдың 23 қаңтарында Жер бетінен $22,59 \cdot 10^6$ км арақашықтықта өткен болса. Күн айналасындағы Эроттың айналым периоды 1,760 жылға тең.

178. Егер құйрықты жұлдыздың жылдамдығы осы арақашықтықта 65 км/с тең болса және ол параболалық орбитада қозғалса, ол күннен қандай арақашықтықта өтті?

179. 1931 IV құйрықты жұлдызы өзінің перигелийін Күннен 160 км/с жылдамдықпен 0,07 а. б. арақашықтықта, ал 1945 II құйрықты жұлдызы 36,5 км/с жылдамдықпен 1,24 а. б. арақашықтықта өтті. Осы кометалар қозғалатын орбитаның түрін анықтау және олар Күнге қайта орала ма және қашан болатынын анықтау.

180. Колхида астероидінің үндеуінің синодикалық кезеңі 1,298 жылға тең, ал оның перигелийдағы жылдамдығы -20,48 км/с. Астероидтің сидериялық айналым периоды, үлкен жарты осі және оның орбитасының эксцентриситеті, перигелийлік және афелийлік арақашықтықтар, сондай-ақ орташа гелиоцентрлік арақашықтықтағы және афелийдағы жылдамдық неге тең?

181. Өзбекстан астероид орбитасының эксцентриситеті 0,092-ге тең, ал оның афелийлік жылдамдығы -15,21 км/с. Астероид орбитасының үлкен жарты осін, оның жұлдызды және синодикалық айналым периодын, перигелийдағы және 30, 90 және 120^0 шынайы аномалиядағы жылдамдығын табу.

182. Планетадан $23,5 \cdot 10^3$ км орташа арақашықтықта және Марс (Қызылжұлдыз) айналасында 1,26 тәулік бойы айналатын Деймос спутнигінің қозғалысы бойынша жер массасындағы

Марстың (Қызылжұлдыздың) массасын анықтау. Жер айналасындағы айдың айналым периоды 27,32 тәулік және айдың орбитасының үлкен жарты осі $384,4 \cdot 10^3$ км-ге тең.

183. Орта есеппен 587 мың км арақашықтықта 13,46 тәулік ішінде планетаның айналасына айналатын төртінші спутник Оберонның қозғалысы бойынша Уранның массасын анықтау.

184. Жер айналысының параметрлері бойынша Жер массасы бірлігінде Күн массасын есептеу.

185. Сатурн (Қоңырқай) сәйкесінше $185,4 \cdot 10^3$ км және $12960 \cdot 10^3$ км орта арақашықтықта планетаның айналасында айналатын Мимас және Феба серіктерінің сидерлік периоды мен орташа жылдамдығын анықтау. Сатурн (Қоңырқай) массасы Жер массасынан 95,2 есе артық.

186. Алдыңғы есептегі деректер бойынша перикронии мен апокронидағы Сатурнның (Қоңырқай) сол серіктерінің жылдамдығын, сондай-ақ Сатурннан (Қоңырқай) көрсетілген арақашықтықтағы айналма және параболалық жылдамдықтарын анықтау. Спутниктердің орбитасының эксцентриситеттері 0,020 және 0,166 мәндерге тең.

187. Юпитер (Есекқырған) планетасының айналасында $1^{\circ}, 769$ және $16^{\circ}, 689$ периодтарымен айналатын Ио және Каллисто спутниктерінің орбитасының үлкен жарты осі мен орташа жылдамдығын анықтау. Юпитердің (Есекқырған) массасы Жер массасынан 318 есе көп.

188. Атап айтқанда, $k = n$ кезінде, орталық дененің спутнигінде орташа қашықтық k есе, ал айналым периоды n есе өсуі үшін оның массасы қалай өзгеруі қажет.

189. Жер Күнді қазіргі заманның периодымен, бірақ екі есе үлкен қашықтықта айналу үшін Күннің массасы қандай болу керек? Бұл ретте Марс (Қызылжұлдыз) бен Сатурнның (Қоңырқай) айналыс периодтары қалай өзгереді, егер олардың арақашықтығы өзгермейтін болса? Осы планеталардың қазіргі заманғы айналым периодтары – 01,881 жыл және 29,46 жыл.

190. Жердің массасы төрт есе өскенде, ал Ай екі есе үлкен қашықтықта болған жағдайда айдың Жердің айналасында айналуының гипотетикалық периодын анықтау. Айдың қазіргі кезеңгі айналу периоды $27^{\circ}, 32$ -ге тең.

191. Жер бетіндегі және 1, 8; 59,3 қашықтықтағы оның радиусы бетінен алғанда айналма және параболалық жылдамдықты есептеу.

192. Айдың орташа геоцентрлік қашықтығы – 384 400 км, ал оның орбитасының орташа эксцентриситеті – 0,0549. Айдың орташа, перигелиялық және апогеялық жылдамдығын табу және оларды алдыңғы есептің нәтижелерімен салыстыру.

193. Күн бетіндегі және оның бетінен үш және сегіз радиустық қашықтықтағы айналмалы және параболалық жылдамдық неге тең? Күн массасы Жер массасынан 333 000 есе артық, ал оның радиусы Жердің 109,1 радиусына тең.

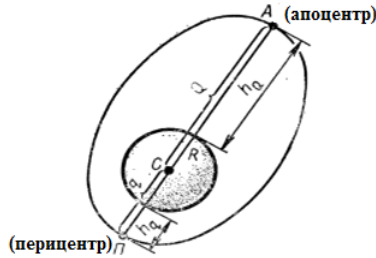
194. Айдың, Шолпанның және Марстың (Қызылжұлдыз) бетінде айналма және параболалық жылдамдықты анықтау. Жер параметрлеріндегі осы денелердің массалары мен радиустары: Ай 0,0123 және 0,272, Шолпан 0,815 және 0,950, Марс (Қызылжұлдыз) 0,107 және 0,533.

§ 9. Жасанды аспан денелері

Жасанды аспан денелерін іске қосу кезінде оларға есептелген орбитаға байланысты бастапқы жылдамдық v_6 беріледі. Бастапқы жылдамдық орталық денеден қандай да бір биіктікте h_6 ғарыштық қозғалтқышпен беріледі. Яғни, оның центрінен r қашықтықта:

$$r = R + h_6 \quad (78)$$

Мұндағы R – осы дененің орташа радиусы. Жерден іске қосылған жағдайда $R = 6370$ км (осы тараудың есептерінде ескеру қажет).



8-сурет. Жасанды серіктің эллиптикалық орбитасы

Жасанды серіктің эллипстік орбитасының түрі мен өлшемі іске қосу мақсаттарына қатысты анықталады (8-сурет). Орталық дененің орталығы орбита фокустарының бірі болып табылады, ал оның үлкен жартыөсі

$$a = \frac{q+Q}{2} = R + \frac{h_q+h_Q}{2} \quad (79)$$

перигейлік қашықтық

$$q = R + h_q \quad (80)$$

апогейлік қашықтық

$$Q = R + h_Q \quad (81)$$

Мұндағы h_q – жасанды серіктің дене бетінен ең аз биіктігі (перигейлік биіктігі), h_Q – жасанды серіктің дене бетінен ең үлкен биіктігі (апогейлік биіктігі). Жердің жасанды серіктері мен орбиталдық кемелер үшін h_q – перигей биіктігі, h_Q – апогей биіктігі, q – перигейлік қашықтық, Q – апогейлік қашықтық.

Орбита эксцентриситеті (35) формуламен анықталады.

Жасанды аспан денелері жылдамдығы км/с көрсетіледі және (42), (67) – (69) және (72) – (74) формулалармен анықталады.

Жасанды серіктердің айналыс периоды минутпен, ал олардың қашықтықтары километрмен өлшеу қабылданғандықтан, Кеплердің үшінші заңы мынадай түрде болады

$$T^2 = 275,2 \cdot 10^{-10} \frac{a^3}{M} \quad (82)$$

немесе

$$T = 16,58 \cdot 10^{-5} \sqrt{\frac{a}{M}} \quad (83)$$

Және

$$a = 331,2^3 \sqrt{MT^2} \quad (84)$$

Мұндағы M – орталық дененің массасы (Жер массасымен алынған).

Жасанды серіктің айналыс параметрлері арқылы орталық дененің массасын есептеуге болады.

Жасанды серіктің орбита перицентрінде орналасқан орталық дененің жартышарынан (перицентрлік жартышар) ұшу ұзақтығы

$$t = \frac{(1-e)^2 \cdot (3+e)^2}{18\sqrt{1-e^2}} \cdot T \quad (85)$$

мұндағы T – серіктің айналыс периоды, e – орбита эксцентриситеті.

Қарама-қарсы (апоцентрлік) жартышардан серік мынадай уақыт аралығында өтеді

$$\tau = T - t \quad (86)$$

(75) – (82) формулалар планеталардың жасанды серіктері үшін жарамды болып табылады.

Планетааралық станция (планетааралық кеме) бір планетадан басқа планетаға ұшқанда Күннің серігі болады және планеталардың қозғалыс заңдары бойынша оның тартылыс өрісінде қозғалады. Ұшудың қарапайым траекториясы шыңдары (апсиды) іске қосылған планета мен жақындау планетасының орбиталарына тиіп өтетін жартылай эллипстік траектория болып табылады. Планеталар орбиталарының эллипстігін және еңкеюін ескермегенде, бірінші жуықтауда олардың үлкен жарты өсі a_1 (іске қосу

планетасы) және a_2 (жақындау планетасы) мәндерін астрономиялық бірлікте (а.б.) біле отырып есептеулер жүргізуімізге болады.



9-сурет. Планетааралық кемесінің ең қарапайым орбитасы

Жоғарғы планетаға ұшу кезінде (9-сурет) станцияның іске қосылуы тік бағытта мынадай перигелийлік қашықтықта жүзеге асады

$$q = a_1 \quad (87)$$

станцияның афелийлік қашықтығы

$$Q = a_2 \quad (88)$$

Станция төменгі планетаға бағытталғанда $q=a_2$ және $Q=a_1$.

Планетааралық станцияның гелиоцентрлік орбитасының үлкен жарты өсі a (37) формуламен, орбита эксцентриситеті (35) формуламен анықталады. Жылмен көрсетілген ұшу ұзақтығы

$$\Delta t = \frac{T}{2} = \frac{a\sqrt{a}}{2} \quad (89)$$

мұндағы a – астрономиялық бірлікпен берілген.

Станцияның гелиоцентрлік ұшу жылдамдығы (43), (66), (67), (69) формулалармен берілген. Жоғарғы планетаға іске қосу кезінде бастапқы гелиоцентрлік жылдамдық $V_{\bar{o}} = V_q$, төменгі планетаға іске қосу кезінде $V_{\bar{o}} = V_Q$, мұндағы $V_{\bar{o}}$ жылдамдыққа іске қосылған планетаның орбиталдық (біздің жағдайда –

шеңберлік) жылдамдығы V_1 кіреді. Сол себепті, планетааралық станция есептелген гелиоцентрлік орбитаға өту үшін оған қосымша жылдамдық берілу керек.

$$v_k = V_0 - V_1 \quad (90)$$

Бірақ станция іске қосылған планетаны тастап кету үшін оның тартылыс күшін жеңу керек, ол үшін оған кинетикалық энергия $\frac{m\omega_n^2}{2}$ керек болады, мұндағы m – станция массасы, ω_n – осы планета бетіндегі екінші ғарыштық (критикалық) жылдамдық. Сондықтан станцияның планетадан іске қосу жылдамдығы v_n мына теңдеуден анықталады

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_k^2}{2} + \frac{mv_n^2}{2}$$

осыдан

$$v_0 = \sqrt{v_k^2 + v_n^2} \quad (91)$$

Планетааралық станцияның іске қосылу күні t_1 кез-келген болмауы керек, ол жақындау планетасының P (9-суретті қараңыз) лайықты конфигурациясы $\Delta\lambda_2$ арқылы таңдалады. Бұл дұрыс болмаған жағдайда станция планетамен кездесу аймағына не ерте, не кеш жетеді. Сидериялық айналыс периоды T_2 болатын жақындау планетасының орташа тәуліктік қозғалысы

$$\omega_2 = \frac{360^\circ}{T_2}$$

(85) формуламен анықталатын ұшу ұзақтығы Δt (тәулікпен көрсетілген) болатын станцияның планетамен кездесу аймағына A жеткенше ол өз орбитасымен мынадай жол жүреді

$$L_2 = \omega_2 \Delta t = \frac{360^\circ}{T_2} \Delta t$$

Планетааралық станцияның іске қосылған күні t_1 жақындау планетасының (l_2) және іске қосу планетасының (l_1) гелио-центрлік бойлығының айырмашылығы мынадай болу керек

$$l_2 - l_1 = 180^\circ - \omega_2 \Delta t \quad (92)$$

бұл айырмашылық арқылы астрономиялық күнтізбеден осы жылға лайықты күнді t_1 табу қиын емес. Осы күні планетала арасындағы

$$\rho = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 - 2a_1a_2 \cos(l_2 - l_1)} \quad (93)$$

жақындау планетасының конфигурациясы $\Delta\lambda_2$ мына теңдіктерден анықтауға болады

$$\sin \Delta \lambda_2 = \frac{a_2}{\rho} \sin(l_2 - l_1) \quad (94)$$

$$ctg \Delta \lambda_2 = \frac{a_1}{a_2} \cos e c(l_2 - l_1) - ctg(l_2 - l_1) \quad (95)$$

Бұл жерден $L_2 < 180^\circ$ болғанда, батыс элонгация; $L_2 > 180^\circ$ болғанда шығыс элонгация болатынын көруге болады.

Планетааралық станция жақындау планетасына t_2 күні жетеді

$$t_2 = t_1 + \Delta t$$

Мысалдар

1. 1973 ж. 19 сәуірде Кеңес Одағында "Интеркосмос – Коперник-500" жасанды серігі Күннің рентген сәулелерін және Жер атмосферасының жоғарғы қабаттарын Жер бетінен 200 бен 1550 км аралығында зерттеу үшін іске қосылған болатын. Серіктің қозғалысын анықтау.

Берілгені: Серік, $h_q = 200$ км, $h_Q = 1550$ км; Жер, $R = 6370$ км, $M = 1$.

Шешуі: (75) формула бойынша серік орбитасының үлкен жартыосі

$$a = R + \frac{h_Q + h_q}{2} = 6370 + \frac{200 + 1550}{2} = 7245 \text{ км}$$

(76) және (77) формулалар арқылы перигелийлік және афелийлік қашықтықтары

$$q = R + h_q = 6370 + 200 = 6570 \text{ км}$$

$$Q = R + h_Q = 6370 + 1550 = 7920 \text{ км}$$

Орбита эксцентриситеті (35) формула бойынша

$$e = 1 - \frac{q}{a} = 1 - \frac{6570}{7245} = 0,093$$

Айналыс периоды (79) формула бойынша

$$T = 16,58 \cdot 10^{-5} a \sqrt{\frac{a}{M}} = 16,58 \cdot 10^{-5} \cdot 7245 \sqrt{7245} = 102^m$$

Серіктің шеңберлік жылдамдығы (68) формуладан

$$v_a = 631,3 \sqrt{\frac{a}{M}} = \frac{631,3}{\sqrt{7245}} = 7,42 \text{ км}$$

Серіктің перигейдегі және апогейдегі жылдамдығы (68) және (70) формулалар бойынша

$$v_q = v_a \sqrt{\frac{Q}{q}} = 7,42 \cdot \sqrt{\frac{7920}{6570}} = 8,15 \text{ км}$$

$$v_Q = v_a \sqrt{\frac{q}{Q}} = \frac{7,42}{\sqrt{\frac{7920}{6570}}} = 6,76 \text{ км}$$

(85) және (86) формулалар бойынша серік Жердің перигелийлік жартышарынан ұшып өту ұзақтығы

$$t = \frac{(1 - e)^2(3 + e)^2}{18\sqrt{1 - e^2}} T = \frac{(1 - 0,093)^2 \cdot (3 + 0,093)^2}{18\sqrt{1 - 0,093^2}} \cdot 102 = 45^m$$

ал апогейлік жартышардан өту ұзақтығы

$$\tau = T - t = 102 - 45 = 57^m.$$

2. Ғарыштық аппарат Марс планетасының эксцентриситеті 0,250 болатын эллипстік орбитамен, $2^{\text{сarf}} 40^m$ периодпен айналыс жасайтын жасанды серігі болуы үшін, оған қандай ареоцентрлік жылдамдық беру керек және оны Марс бетінен қандай максимум қашықтықта беру керек? Марс массасы 0,107, радиусы – 3400 км.

Берілгені: Марс, $M = 0,107$, $R = 3400$ км; Аппарат, $T = 2^{\text{сarf}} 40^m = 160^m$, $e = 0,250$.

Шешуі: (80) формула бойынша жасанды серіктің жарты өсі

$$a = 331,2^3 \sqrt{0,107 \cdot 160^2} = 4650 \text{ км}$$

апоарий қашықтығы

$$Q = a(1 + e) = 4650 \cdot 1,250 = 5810 \text{ км}$$

Осыдан, (77) формула бойынша планета бетінен максимум қашықтық

$$h_q = Q - R = 5810 - 3400 = 2410 \text{ км}$$

Серіктің шеңберлік жылдамдығы

$$v_a = 631,3 \sqrt{\frac{a}{M}} = 631,3 \sqrt{\frac{0,107}{4650}} = 3,04 \text{ км/с}$$

Сонда (66) формула бойынша іздеп отырған апоарийдегі жылдамдық

$$v_Q = v_a \sqrt{\frac{1 - e}{1 + e}} = 3,04 \sqrt{\frac{1 - 0,250}{1 + 0,250}} = 2,35 \text{ км/с}.$$

3. Планетааралық кемеңің Шолпаннан Юпитерге ұшу жағдайларын анықтау. Юпитердің және Шолпанның орташа гелиоцентрлік қашықтығы – 5,203 а.б., және 0,723 а.б. Шолпанның бетіндегі екінші ғарыштық жылдамдық 10,36 км/с. Юпитердің орташа тәуліктік қозғалысы $0^0,0831$.

Берілгені: Шолпан, $a_1 = 0,723$ а.б., $\omega_n = 10,36$ км/с, Юпитер, $a_2 = 5,203$ а.б., $\omega_2 = 0^0,0831 \approx 5'$

Шешуі: Екі планета орбиталарын және планетааралық кемеңің гелиоцентрлік орбитасының суретін саламыз (9-суретті қараңыз). Кеме төменгі планетадан жоғарғы планетаға қарай ұшатындықтан, кеме перигелийде іске қосылады және (83), (84), (75), (35), (85) формулалар бойынша кемеңің перигелийлік қашықтығы $q = a_1 = 0,723$ а.б., афелийлік қашықтығы $Q = a_2 = 5,203$ а.б., орбитасының үлкен жартыосі

$$a = \frac{q+Q}{2} = \frac{0,723+5,203}{2} = 2,963 \text{ а.б.}$$

Орбита эксцентриситеті

$$e = 1 - \frac{q}{a} = 1 - \frac{0,723}{2,963} = 0,756$$

Юпитерге ұшу ұзақтығы

$$t = \frac{a\sqrt{a}}{2} = \frac{2,963}{2} \sqrt{2,963} = 2,55 \text{ жыл}$$

(41) бойынша кемеңің гелиоцентрлік шеңберлік жылдамдығы

$$V_a = \frac{29,8}{\sqrt{a}} = \frac{29,8}{\sqrt{2,963}} = 17,3 \text{ км/с}$$

Кемеңің перигелийдегі жылдамдығы бастапқы гелиоцентрлік жылдамдыққа тең болғандықтан (68) формуладан

$$V_{\bar{o}} = V_q = V_a \sqrt{\frac{Q}{q}} = 17,3 \sqrt{\frac{5,203}{0,723}} = 46,4 \text{ км/с}$$

Шолпанның орбиталдық жылдамдығы

$$V_1 = \frac{29,8}{\sqrt{a_1}} = \frac{29,8}{\sqrt{0,723}} = 35,0 \text{ км/с}$$

Сонда (90) бойынша қосымша жылдамдық

$$v_k = V_0 - V_1 = 46,4 - 35,0 = 11,4 \text{ км/с}$$

Осыдан (91) бойынша Шолпаннан іске қосылған кеме жылдамдығы

$$v_0 = \sqrt{v_k^2 + \omega_n^2} = \sqrt{11,4^2 + 10,36^2} = 15,4 \text{ км/с}$$

$\Delta t = 2,55$ жыл = $2,55 \cdot 365$ тәулік уақыт аралығында Юпитер өз орбитасы мен мынадай жол жүреді

$$l_2 = \omega_2 \Delta t = 0^{\circ},0831 \cdot 2,55 \cdot 365 = 77^{\circ},4$$

Сондықтан (88) бойынша, кеме іске қосылған күні Юпитер мен Шолпанның гелиоцентрлік бойлығы айырмашылығы

$$l_2 - l_1 = 180^{\circ} - L_2 = 180^{\circ} - 77^{\circ},4 = 102^{\circ},6$$

Шолпаннан көрінерлік Юпитердің конфигурациясы $\Delta \lambda_2$ (95) формула бойынша анықталады

$$\text{ctg} \Delta \lambda_2 = \frac{0,723}{5,203} \cos e \cdot 102^{\circ},6 - \text{ctg} 102^{\circ},6 = 0,1390 \cdot 1,0247 + 0,2235 = +0,3659$$

Сонда $\Delta \lambda_2 = 69,9^{\circ}$, $L_2 = 77,4$ болғандықтан, бұл батыс элонгацияны білдіреді.

Есентер

195. Жер бетінен оның жарты және екі радиусы қашықтықтарда шеңберлік орбитамен қозғалып жүрген жасанды серіктердің іске қосу жылдамдығы мен айналыс периодын анықтаңыз.

196. Алдыңғы есепті Марс пен Юпитердің жасанды серіктері үшін шешіңіз. Жермен салыстырғандағы массасы мен радиусы: Марстың – 0,107 және 0,533, Юпитердің – 318 және 10,9.

197. Алдыңғы есептегі жасанды серіктердің орталық дене массасы n есе, ал радиусы m есе өссе және $m = n$ болған дербес жағдайдағы олардың айналыс периоды мен жылдамдығы қалай өзгереді?

198. Айналыс периоды 90^m , 150^m , $3^{caф}$ болатын серіктердің шеңберлік орбитамен Жер бетінен қандай биіктікте және қандай жылдамдықпен қозғалады? Жер радиусы 6370 км.

199. Жер экваторы үстіндегі бір нүктеде қозғалыссыз тұрған стационар жасанды серіктің Жер бетінен биіктігін және жылдамдығын анықтаңыз.

200. Алдыңғы 196-есептегі көрсетілген планеталардың стационар жасанды серіктері үшін шешіңіз. Марстың айналыс периоды $-24^{caф} 37^m,4$, Юпитердің айналыс периоды $-9^{caф} 50^m,5$.

201. Жасанды серіктердің Жер, Ай, Марс және Юпитер бетінен бірдей 200 және 1000 км биіктіктер аралығында айналыс жылдамдығы мен периодын анықтаңыз. Бұл аспан денелерінің массасы сәйкесінше 1; 0,0123; 0,107 және 318, ал радиустары – 6370 км, 1738 км, 3400 км және 71400 км.

202. Жер, Меркурий және Шолпан айналасында жылдамдығы 7 км/с және 2 км/с шеңберлік орбитамен қозғалатын полярлық (планетаның екі полюсін кесіп өтетін) жасанды серіктердің бір айналым кезінде ұшу жолы қанша градусқа және қандай бағытқа ығысады? Меркурийдің айналыс периоды $-58^{күн}$, 65, ал Шолпанның $-243^{күн},2$ (планетаның айналысы кері бағытта). Қажетті мәліметті 204-есептен қараңыз.

203. Жер, Марс және Юпитер бетінен 200 км биіктікте 9,5 км/с горизонталды жылдамдықпен іске қосылған жасанды аспан денелері қандай орбитамен қозғалады? Қажетті мәліметті 201-есептен қараңыз.

204. Жасанды серіктер Меркурий мен Шолпанды (массалары Жермен салыстырғанда сәйкесінше 0,055 және 0,815, радиустары – 2440 км және 6050 км) $2^{caф}$ және $8^{caф}$ периодпен айналу үшін, эксцентриситеті 0,100 және 0,600 болатын эллипстік орбитаға қандай минимал биіктікте және қандай жылдамдықпен шығу керек?

205. Орбита эксцентриситеті 0,100 және 0,400 болатын жасанды серіктер планетаның перицентрлік және апоцентрлік жартышарларын өзінің айналыс периодының қандай бөлігін ұшып өтеді?

206. "Салют-5" (орбитаға 1976 ж. 26 маусымда шығарылған) орбиталдық станциясы және "Молния-2" (орбитаға 1973 ж. 25 желтоқсанда шығарылған) байланыс серігі перигейлік және апогейлік жартышарларды қанша уақытта ұшып өтеді, егер "Салют-5" 258 км мен 283 км биіктігі аралығында болатын орбитамен, ал "Молния-2" үлкен жарты өсі 27 030 км және апогей биіктігі 40 860 км болатын орбитамен айналса?

207. Айды айнала қозғалып жүрген "Луна-19" (биіктігі 77 км мен 385 км аралығында, периоды $2^{\text{сarf}} 11^{\text{м}}$) және "Луна-20" (биіктігі 21 км мен 100 км аралығында, периоды $1^{\text{сarf}} 54^{\text{м}}$) жасанды серіктері қозғалысы көмегімен Ай массасын анықтаңыз. Айдың диаметрі – 3476 км.

208. Алдыңғы есеп берілгені мен нәтижесі бойынша Ай серіктерінің шеңберлік және шекті селеноцентрлік жылдамдықтарын есептеңіз.

209. Марстың табиғи серігі Деймос пен жасанды серігі "Марс-5" қозғалысы көмегімен Марстың массасын есептеңіз. Деймос планетаны 23 500 км қашықтықта $1^{\text{кyн}} 262$ периодпен, "Марс-5" планета бетінен 1760 км мен 32 500 км биіктік аралығында $25^{\text{сarf}}, 0$ периодпен айналады. Марс радиусы – 3400 км.

210. Кеңес "Венера-10" автоматты планета аралық станциясы 1975 ж. 25 қазанда Шолпанның екінші жасанды серігіне айналады. Ол планета бетінен 1400 км мен 114 000 км биіктік аралығында $49^{\text{сarf}} 23^{\text{м}}$ периодпен айналыс жасайды. Оның радиусы 6050 км болса, Шолпанның массасын есептеңіз.

211. 1961 ж. 12 сәуірде ең алғаш Ю.А. Гагарин "Восток" ғарыштық кемесімен Жер бетінен 181 км мен 327 км биіктік аралығында Жерді айналып ұшқан болатын. Кеме орбитасының үлкен жарты өсі мен эксцентриситетін, Жерді айналу периоды, оның орташа және шекті жылдамдығын, Жердің перигейлік және апогейлік жарты шарларын ұшып өту ұзақтығын есептеңіз.

212. Алдыңғы есепті биіктігі 500 км мен 39 100 км биіктік аралығында Жерді ұшып жүрген "Молния-2" байланыс серігі үшін шешіңіз.

213. Алдыңғы есептегі байланыс серігі Меркурий мен Юпитерді тура сондай биіктіктерде айналса, онда оның ұшу параметрлері қалай өзгереді? Қажетті мәліметтерді 201, 204-есептерден алыңыз.

214. 1975 ж. 14 сәуірде Жердің оңтүстік жарты шарындағы перигей биіктігі 636 км, айналыс периоды $12^{\text{сағ}}$ $16^{\text{м}}$ болатын "Молния-3" байланыс серігі орбитаға шығарылған болатын. Серік орбитасының үлкен жарты өсі мен эксцентриситетін, оның апогейлік биіктігін, перигейдегі және апогейдегі жылдамдығын, Жердің қарама-қарсы жарты шарларынан ұшып өту ұзақтығын анықтаңыз.

215. Айналыс периоды $2^{\text{сағ}}$ $02^{\text{м}}$ болатын, апоселенийда Ай бетінен 244 км биіктікте болған "Луна-22" Айдың жасанды серігінің барлық негізгі ұшу параметрлерін есептеңіз. Ай туралы мәліметті 201-есептен қараңыз.

216. Марстың орташа гелиоцентрлік қашықтығы 1,524 а.б. болса, ғарыштық кемеңіз қарапайым эллипстік орбитасының үлкен жарты өсі мен эксцентриситетін, Жерден Марсқа дейін ұшу ұзақтығын, Жерден іске қосу жылдамдығын анықтаңыз. Жердің орташы орбиталдық жылдамдығы 29,8 км/с.

217. Алдыңғы есеп берілгені мен нәтижесі бойынша, ғарыштық кемеңіз Жерден Марсқа ұшу үшін Марстың ең қолайлы конфигурациясы қандай болу керек? Марстың Күнді айналу периоды 687 тәулік.

218. Ғарыштық кемеңіз қарапайым орбита бойынша Марстан Жерге іске қосу жылдамдығын және осыған қолайлы Жер конфигурациясын есептеңіз. Марстың орташа гелиоцентрлік қашықтығы – 1,524 а.б., Жермен салыстырғандағы массасы – 0,107, радиусы – 0,533 – ке тең.

219. 216, 217 және 218 есептердің берілгені мен нәтижелері бойынша Жерден Марсқа және кері бағытта саяхаттау үшін, ең аз ұшу уақытын табыңыз (кемеңіз лайықты ұшу уақытын астрономиялық күнтізбе бойынша анықтау керек).

220. Ғарыштық кеме Жерден Шолпанға және кері бағытта ұшуы үшін 216, 217, және 218 есептерде көрсетілген шамаларды анықтаңыз. Шолпанның орташа гелиоцентрлік қашықтығы 0,723 а.б., Жермен салыстырғандағы массасы – 0,815, радиусы – 0,950.

221. Ғарыштық станцияларды Жерден планеталарға қандай уақыт аралықтарында ұшырған дұрыс?

§10. Ауырлық және тартылыс заңдары

Бүкіл әлемдік тартылыс заңына сәйкес, массасы M мен радиусы R сфероидтық аспан денесінің бетіндегі гравитациялық үдеу:

$$g = G \frac{M}{R^2} \quad (96)$$

ал Жер бетінде осы үдеу:

$$g_0 = G \frac{M_0}{R_0^2} = 9,81 \text{ м/с}^2 = 981 \text{ см/с}^2,$$

Осыдан, бірінші (92) теңдікті екінші теңдікке бөлу арқылы, келесі теңдікті аламыз:

$$g = g_0 \frac{M}{R^2} = g_0 \cdot g \quad (97)$$

Мұндағы M жер массасымен және R радиусымен алынады, ал жердікімен салыстырғандағы салыстырмалы гравитациялық үдеуі.

Қалап алынған қашықтықтан аспан денесінің тартылыс аймағындағы гравитациялық үдеуі:

$$g_r = G \frac{M}{r^2}$$

Немесе, (92) теңдікті ескере отырып,

$$g_r = \frac{g}{\left(\frac{r}{R}\right)^2} \quad (98)$$

Бұл формуладағы r мен R кез келген, бірақ міндетті түрде бірдей өлшем бірлікпен берілуі керек.

Мысал

1. Юпитерден (Есекқырғаннан) екінші серігі Еуропаға беріліп отырған гравитациялық үдеуін табу керек. Ғаламшардан серікке дейінгі орташа қашықтық $670,9 \cdot 10^3$ км. Юпитер (Есекқырған) массасы Жердікінен 318 есе үлкен, ал Жердің орташа радиусы 6371 км.

Берілгені: серік, $r = 670,9 \cdot 10^3$ км; Юпитер (Есекқырған), $M=318$; Жер, $R_0 = 6371$ км. Бұл жерде дене айналысының g -ді әлсіретуі қарастырылмайды.

Шешуі: (94) және (93) формулаларына сәйкес ізделініп отырған үдеу:

$$g_r = \frac{g}{\left(\frac{r}{R}\right)^2}, \text{ ал } g = g_0 \frac{M}{R^2},$$

мұндағы $g_0 = 981 \text{ см}/\text{с}^2$ - Жер бетіндегі еркін түсу үдеу.

Олай болса

$$g_r = g_0 \frac{M}{R^2},$$

мұндағы, r – Жер радиусымен, M – Жер массасымен алынған, яғни (99) теңдігіне сәйкес өлшем бірліктерімен алынған.

Жердің орташа радиусы $R_0 = 6371$ км болса, сәйкесінше ізделініп отырған гравитациялық үдеу:

$$g_r = \frac{318}{\left(\frac{670,9 \cdot 10^3}{6371}\right)^2} = 28,1 \text{ см}/\text{с}^2.$$

Есептер

222. Марс (Аңырақай) және Шолпан ғаламшарлары мен Церера астероидының бетіндегі еркін түсу үдеуін табу керек. Массалары мен радиустары Жердікімен салыстырғанда: Марста (Аңырақайда) - 0,107 мен 0,533, Шолпанда - 0,815 мен 0,950, Церерада – $28,9 \cdot 10^{-5}$ мен 0,0784.

223. Айдың массасы Жердікінен 81,3 есе, ал диаметрі 3,67 есе кіші. Ғарышкерлердің массасы Жердегімен салыстырғанда Айда қанша есе кіші болады?

224. Күн мен Сатурнның (Қоңырқайдың) сәйкесінше жердікінен 109,1 және 9,08 есе, орташа тығыздығы жердікімен салыстырғанда 0,255 және 0,127- ге тең. Бетіндегі еркін түсу үдеулері нешеге тең?

225. Егер Жер мен Марстың массалары өзгеріссіз болып, диаметрлері екі және үш есе өссе, бетіндегі еркін түсу үдеуі қаншаға тең болады? Марс туралы мәліметті 222 есептен алыңыз.

226. Ғаламшар массасы m есе, ал орташа тығыздығы n есе артып, атап айтқанда $m = n$ болған жағдайда, бетіндегі еркін түсу үдеуі неше есе өзгерер еді?

227. Егер Күннің қалыпты массасында, диаметрі жер орбитасымен бірдей көлемде ұлғайса, бетіндегі еркін түсу үдеуі қаншаға тең болар еді? Күн массасы жердікінен 333 мың есе үлкен, ал диаметрі 1 392 000 метрге тең.

228. Алдыңғы тапсырмаға сәйкес ақпараттарды пайдалана отырып, Күннің тартылыс аймағындағы Жердің гравитациялық үдеуін табыңыз. Алынған нәтижені салыстыра отырып, тиісті қорытынды жасаңыз.

229. Егер Жер массасы тұрақты болып, көлемі 60,3 есе ұлғайса, яғни Ай орбитасына дейін, Жердегі еркін түсу қаншалықты өзгереді?

230. Жер мен Күннің тартылыс аймағында 384 400 км орташа геоцентрлік қашықтықтағы Айдың гравитациялық үдеуін есептеу керек. Алдыңғы есептің жауабымен салыстыра отырып, талдау жасаңыз. Қажетті мәліметтерді 227 тапсырмадан алыңыз.

231. Егер Жер массасы m есе ұлғайса, ал Ай қазіргіге карағанда n есе алыс (жақын) орналасып, $m = n$ тиісінше болса, Айдың гравитациялық үдеуі қаншалықты өзгередер еді?

232. Меркурий (Шолпан) ($a=0,387$ а.б. пен $e=0,206$), Плутон ($a=39,5$ а.б. пен $e=0,253$), Галлея құйрықты жұлдыздары ($a=18,0$ а.б. пен $e=0,967$) қандай аралықта өзгереді? Жақша ішінде осы денелердің орбитасының мәліметтері берілген. Қажетті мәліметтерді 227 тапсырмадан алыңыз.

233. 1975ж. 14 сәуірде Жер орбитасына шығарылып, 636 км-ден 40660 км биіктік аралығында Жерді ұшып шыққан «Молния-3» байланыс серігінің гравитациялық үдеуі қандай аралықта өзгереді? Жер радиусы - 6370 км.

234. 1973ж. 15 ақпанда 106 670 км үлкен жарты ось пен 690 км биіктіктегі перигей мен геоцентрлік орбитаға шығарылған «Прогноз-3» ғарыштық ғылыми станциясы үшін алдыңғы тапсырманы шешіңіз.

235. 5,92 орташа қашықтықтағы, және 26,41 радиусында Юпитерді (Есекқырған) айнала қозғалатын Ио мен Каллисто серіктерінің гравитациялық үдеуін табу керек. Юпитер (Есекқырған) массасы 318, ал радиусы 10,9 тең.

236. Жер радиусын 6370 км, Ай массасын $1/81$ Жер массасымен, және денелер арасындағы қашықтықты 60 Жер радиусымен алып, Жер мен Айдың ортақ масса центрін көрсетіңіз.

237. 236 есеп тапсырмасына сәйкес, гравитациялық үдеулері осы денелерден сандық өзара тең, бірақ бағыттары қарама-қарсы, Жер мен Айдың арасындағы тең тартылыс нүктелерін табыңыз.

§11. Телескоп сипаттамалары

Телескоптың негізгі сипаттамалары болып фокустық арақашықтық F , объектив диаметрі D және салыстырмалы саңылау

$$A = \frac{D}{F} \quad (99)$$

жиі жарық күші деп аталады.

Телескоппен берілетін ұлғаю

$$W = \frac{F}{f} = \frac{\beta}{\rho}, \quad (100)$$

мұнда f - окулярдың фокустық арақашықтығы, ρ - қарусыз көзбен бақылағандағы шырақтың бұрыштық өлшемдері және β - телескоптан бақылау кезінде сол шырақтың бұрыштық өлшемдері. Ұлғаю еселігі санда ρ жанына қойылатын дәреже көрсеткіші түрінде, әдетте x белгісімен белгіленеді (мысалы, 50^x , 120^x т.с.с)

Телескоппен ажыратылатын ең үлкен ұлғаю жақсы атмосфералық жағдайларда,

$$W_m = 2D \quad (101)$$

ал ең аз және тең дәрежедегі ұлғаю

$$W_z = D/6 \quad (102)$$

D – миллиметрмен берілген объектив диаметрі.

Телескоп ажыратылуы (немесе ажырату күші) θ бір-бірімен бірікпей жандарында көрінетін екі нүктелік объектив арасындағы ең аз бұрыштық арақашықтығымен сипатталады:

$$\theta = \frac{140''}{D}, \quad (103)$$

Ал оған сәйкес келетін ажыратылған ұлғаю деп аталатын ұлғаю,

$$W_{\theta} = \frac{D}{2} \quad (104)$$

Телескоптың өтімділік қабілеті (күш) m_{τ} жұлдыздардың шектік жұлдыздық шамасын, қараңғы, бұлтсыз түндегі телескоптың қолжетімді бақылауларын білдіреді:

$$m_{\tau} = 2,^m 10 + 5 \lg D \quad (105)$$

(103), (104) және (105) формулаларындағы телескоп объективінің диаметрі миллиметрмен берілген.

Телескоптың фокальдық жазықтығындағы (әдетте: телескоп фокусындағы) шырақ көрінісінің (немесешырақ арасындағы арақашықтық), сонымен қатар, фотонегативтерде алынған шырақ көрінісінің сызықтық өлшемдері

$$d = Ftg\rho \quad (106)$$

Кіші бұрыштық өлшемдерде

$$d = F \frac{\rho'}{3438'} = F \frac{\rho''}{206265''} \quad (107)$$

ρ' – доға минуттарындағы бұрыштық өлшемдері және ρ'' – доға секундтарындағы сол өлшемдер

Онда фотонегативтің бұрыштық масштабтары

$$\xi' = \frac{\rho'}{d} ['/MM] \quad (108)$$

немесе

$$\xi'' = \frac{\rho''}{d} ["/MM] \quad (109)$$

ал сызықтық масштабы

$$\xi = \frac{R}{d} \quad (110)$$

R-шырақтыңсызықтық өлшемі.

Телескоптың көз жазықтығындағы диаметрі, доға минуттарында берілген,

$$N = \frac{2000'}{W} \quad (111)$$

қозғалмайтын телескоптың көз жазықтығының диаметрі арқылы өтетін жұлдызбен нақтырақ анықталады:

$$N = \frac{\tau}{4} \cos \delta, \quad (112)$$

τ – жұлдыздың секундпен берілген өту ұзақтығы және δ – жұлдыздың еңкеюі.

Радиотелескоп пен радиоинтерферометр ажыратуы

$$\theta = 2'', 51 \cdot 10^5 \frac{\lambda}{D} = 4200' \frac{\lambda}{D}, \quad (113)$$

λ -радиосәуленің толқын ұзындығы және D – радиотелескоп диаметрі (немесе радиоинтерферометр қалыптастыратын радиотелескоптар арасындағы арақашықтық) бірдей бірліктер жүйесінде алынады.

Радиоқабылдағыш құралдың радиосигналға жедел жауап қайтару дәрежесі шуыл температурасы $T_{ш}$, секундта берілетін τ_0 уақыт тұрақтысы (жазу құралының іске асу уақыты) және герцте берілетін $\Delta\nu$ өткізу жолағы арқылы анықталатын сезімталдық пен сипатталады:

$$\Delta T = \frac{\pi}{2} = \frac{T_{ш}}{\sqrt{\tau_0 \Delta\nu}}, \quad (114)$$

Мысал

1. Шолпанның ең үлкен элонгациясы жанындағы бұрыштық диаметрі 25''-ке тең. Фокустық арақашықтығы 10,8 м объективтен Шолпан бұрыштық диаметрі 32' болатын Ай өлшеміндей көріну үшін қандай окуляр қолдану керек және телескоп фокусында алынған планетаның негативтегі кескінінің диаметрі қаншаға тең? Сонымен қатар, Шолпанның диаметрі 12100 км екенін біле отырып, негативтің масштабтарын табу.

Берілгені: $F = 0.8 \text{ м} = 1080 \text{ см}$; Шолпан: $\rho = 25''$, $R = 12100 \text{ км}$; $\beta = 32' = 1920''$.

Шешімі: (96), (103), (105) және (106) формулаларын қолданып, ұлғаю

$$W = \frac{\beta}{\rho} = \frac{1920}{25} = 77\times;$$

окулярдың фокустық арақашықтығы

$$f = \frac{F}{W} = \frac{1080}{77}; f = 14,0 \text{ см} = 140 \text{ мм};$$

Фотонегативтегі ғаламшар кескінінің диаметрі

$$d = F \frac{\rho''}{206265''} = 1080 \cdot \frac{25''}{206265''}; d = 0,13 \text{ см} = 1,3 \text{ мм};$$

Негативтің бұрыштық масштабы

$$\xi'' = \frac{\rho''}{d} = \frac{25''}{1,3} = 19'',2 \text{ мм}^{-1};$$

Сызықтық масштаб

$$\xi = \frac{R}{d} = \frac{12100}{1,3}; \xi = 9300 \text{ км/мм}.$$

Есептер

238. Телескоптардың біреуінің объектив диаметрі 37,5 см және фокустық арақашықтығы 6 м, екіншісінің объектив диаметрі

1 м және фокустық арақашықтығы 8 м. Телескоптардың салыстырмалы саңылауын, ажыратуын (ажырату күшін), өтімділік қабілетін, екі телескоптың кіші, ең үлкен және рұқсат етілген ұлғаюын анықтаңыз.

239. Телескоптардың біреуінің объектив диаметрі 30 см және жарық күші 1:5, ал екіншісінің диаметрі 91 см және жарық күші 1:19, окулярдың фокустық арақашықтығы сәйкесінше 40 мм және 10 мм кездегі ұлғаюын және екі телескоптың көз жазықтығындағы диаметрін табыңыз.

240. Мектептегі Максұтовтың менискілік телескобының және рефрактор-телескоптарының біріншісінің диаметрі 70 мм және фокустық арақашықтығы 70,4 см, ал екіншісінің диаметрі 80 мм және фокустық арақашықтығы 80 см. Телескоптардың жарық күші, ажыратуы, өтімділік қабілеті, ең кіші, ең үлкен және рұқсат етілген ұлғаюлары неге тең?

241. Алдыңғы есепке қатысты телескоптардың окулярларының фокустық арақашықтығы 28 мм, 20 мм және 10 мм кезіндегі ұлғаюын және көз жазықтығындағы телескоп диаметрін анықтаңыз.

242. Алдыңғы есепте көрсетілген мәндерді объективінің диаметрі 65 см және жарық күші 1:16 (Пулков обсерваториясы) және 33 см, 1:10,5 (Ташкент обсерваториясы) болатын телескопты бақылаулар үшін қолданғанда мектептегі телескоп окулярларының көз жазықтығындағы диаметрі және ұлғаюы қандай? Көрсетілген телескоптар үшін окулярдың қайсысы нақты сәйкес келеді?

243. Бақылау жүргізгенде фокустық арақашықтығы 1,25 м, жарық күші 1:5 және фокустық арақашықтығы 7,50 м, жарық күші 1:15-ке тең телескоптарға фокустық арақашықтығы 5 мм окулярды қолданудың мағынасы бар ма?

244. Қандай объективті телескоптарда диаметрі 20 см және 1 м болатын қос жұлдыздар компонентінің минимальды бұрыштық қашықтығы ажыратылған?

245. Объектив диаметрі 70 мм және 8 см болатын телескоптарда бақылауға қол жетімді қос жұлдыз компоненттерінің бірінен минималды бұрыштық арақашықтығы қандай?

246. Біреуінің фокустық арақашықтығы мен объективінің жарық күші 1:10, екіншісінің фокустық арақашықтығы 14 және

жарық күші 1:16 болатын телескоптармен бақылана алатын қос жұлдыз компоненттерінің минималды бұрыштық арақашықтығы қандай? Және бұл бақылауға қандай фокустық арақашықтықтағы окуляр қолданылу керек?

247. Телескопта қандай ең кіші дерлік диаметрмен мынадай қос жұлдызды көруге болады: β Акку ($35''$), ζ ҮлкенАю ($14''$) және γ Бикеш ($5''$, 0) және бұл жағдайда қолданылатын минимальды ұлғаю қандай? Жақша ішінде қос жұлдыздардың құраушыларының бір-бірінен бұрыштық қашықтықтары көрсетілген.

248. Мектептік типтегі телескоппен Марс, Уран, Нептун ғаламшарларының дискілерін көруге болады ма, егер бұл ғаламшарлардың бұрыштық диаметрлері шамамен $18''$, $4''$, 0 және $2''$, 5 тең болса? Мектептік менискілік телескоптың объективінің диаметрі 70 мм, ал мектептік телескоп–рефрактордың объективінің диаметрі – 80 мм.

249. Юпитердің бұрыштық диаметрі тоқырауда $49''$ -ға тең, ал Шолпанның бұрыштық диаметрі төменгі бірігуде шамамен $60''$ - қа тең. Егер Ай дискісінің диаметрі $0^0,5$ -ке тең болса, телескопта бұл планеталардың дискілері қарусыз көзбен қарағанда Ай өлшемдерімен көріну үшін телескопта қандай ұлғайту қолдану керек?

250. Марстың және Айдың фотографиялық кескіндерінің сызықтық диаметрін, сонымен қатар, рефрактор фокусында объективі 20 см және жарық күші 1:15 және әлемдегі ең үлкен дерлік кеңестік рефлектор фокусында фокустық арақашықтығы 224 м-ге тең болғандағы негативтердің масштабын табыңыз. Бұл шырақтардың бұрыштық өлшемдерін $25''$ және $32'$ -ге тең деп қарастырыңыз. Ал Айдың көлденең қимасы – 3476 км, ал Марстікі – 6800 км.

251. Марс пен Айды мектептік телескоп-рефрактор фокусында суретке түсіргенде олардың негативтерінің масштабын және фотографиялық кескіндерінің сызықтық диаметрін табыңыз. Объектив диаметрі 8 см, ал жарық күші – 1:10 –ға тең. Керекті мәліметтерді алдыңғы есептен алыңыз.

252. Қалыпты астрографтың объектив диаметрі 33 см, ал фокуста қабылданатын негатив масштабы 1 мм^{-1} . Астрографтың

фокусты қарақашықтығы мен жарық күшін, негативтегі сызықтық өлшемдерін, Аққудың қос жұлдыз құраушыларының өзара арақашықтықтарын (фокуста түсірілген) тап және құраушылары арасындағы бұрыштық қашықтығы $35''$ тең.

253. Қозғалмайтын телескоптың көз жазықтығында ұлғаюы 100 есе болғанда Бикеш ж, Капелла (Лаушы) және Полярлық (Кіші Аюдың) жұлдыздары қанша уақыт бойы көрінеді, егер бұл жұлдыздардың еңкеюі сәйкесінше $-0^{\circ}03'$, $+45^{\circ}58'$ және $+89^{\circ}02'$ тең болса?

254. Ригель жұлдызы (Орионның β -сы), еңкеюі $-8^{\circ}15'$, қозғалмайтын телескоптың көз жазықтығының диаметрі арқылы 1 минутта өтеді. Телескоп ұлғаюын және осындай ұлғаю кезінде телескоптың көз жазықтығындағы диаметрін табыңыз?

255. Еңкеюі $-16^{\circ}39'$ -ға тең Сириус жұлдызы (Үлкен Арланның α -сы) объективінің диаметрі 20 см және жарық күші 1:15 болатын телескоп арқылы бақыланады. Бір окулярда бұл жұлдыз көз жазықтығының диаметрін $1^{\text{м}}53^{\text{с}}$ -та өтеді, ал басқасында $38^{\text{с}}$ -та өтеді. Окулярдың фокустық арақашықтығын және телескоптың көз жазықтығының диаметрін анықтаңыз?

256. Пулков рефрактор-телескобының окулярының фокустық арақашықтығы 32 мм болғанда телескоптың ажыратылған ұлғаюы 325^{X} -ке тең. Телескоп диаметрін, объективтің фокустық арақашықтығы мен жарық күшін, ажырату және өтімділік қабілетін, ең үлкен, ең кіші және рұқсат етілген ұлғаюын табу. Осы үш ұлғаюдағы көз жазықтығы диаметрі және Үлкен Аюдың α -сы мен Процион (Кіші Арланның α -сы) жұлдыздарының осы диаметр арқылы өту уақыты қандай? Берілген екі жұлдыздың еңкеюлері сәйкесінше $+62^{\circ}01'$ және $+5^{\circ}21'$ тең.

257. Әлемдегі ең үлкен кеңестік алты метрлік телескоп-рефлектордың және антеннасы бар диаметрі D , λ толқын ұзындықта жұмыс жасайтын радиотелескоптың ажырату күштерін салыстырыңыз: 1) $D=22\text{ м}$, $\lambda=65\text{ см}$; 2) $D=100\text{ м}$, $\lambda=10\text{ см}$; 3) $D=1000\text{ м}$, $\lambda=10\text{ м}$.

258. Екі радиотелескоптан тұратын радиоинтерферометрдің ажырату күшін табыңыз. Егерде радиотелескоптардың өзара арақашықтығы 100 км, 1000 км, 9000 км және қабылданатын радиотолқындары алдыңғы есепте көрсетілгендей болса.

259. Өткізу жолағы $\Delta\nu$, уақыт тұрақтысы $\Delta\tau_0$ мен шуыл температурасы $\Delta T_{ш}$ болатын радиотелескоп қабылдағышының сезімталдығын есептеңіз: 1) $\Delta\nu=10^5$ Гц, $\Delta\tau_0=10^c$, $\Delta T_{ш} =250^0\text{K}$; 2) $\Delta\nu=10^4$ Гц, $\Delta\tau_0=3^c$, $\Delta T_{ш} =200^0\text{K}$; 3) $\Delta\nu=10^6$ Гц, $\Delta\tau_0=20^c$, $\Delta T_{ш} =310^0\text{K}$.

260. Өткізу жолағы $\Delta\nu$, уақыт тұрақтысы $\Delta\tau_0$ сезімталдығы $\Delta T_{ш}$ қабылдағыштың шуыл температурасын есептеңіз: 1) $\Delta\nu=10^6$ Гц, $\Delta\tau_0=6^c$, $\Delta T_{ш} =0^0,20$; 2) $\Delta\nu=10^5$ Гц, $\Delta\tau_0=10^c$, $\Delta T_{ш} =0^0,39$; 3) $\Delta\nu=10^4$ Гц, $\Delta\tau_0=4^c$, $\Delta T_{ш} =2^0,20$.

IV АСТРОФИЗИКА ЖӘНЕ ЖҰЛДЫЗДЫ АСТРОНОМИЯ НЕГІЗДЕРІ

§ 12. Шырақ жарықтылығы

Шырақтың E жарықтылығы оның m жұлдыздық шамасымен сипатталады. Анықталу әдісіне байланысты бірдей шырақ әртүрлі көрінетін жұлдыздық шамаға ие болуы мүмкін: визуалды жұлдыздық шамасы m_v , фотосуреттік жұлдыздық шамасы m_{pg} , фотовизуалды жұлдыздық шамасы m_{pv} , фотоэлектрлік жұлдыздық шамасы V (сары), B (көк) және U (ультракүлгін), болометрлік жұлдыздық шамасы m_b және т.б.

Екі шырақтың E_1 және E_2 жарықтылық қатынасы олардың көрінетін жұлдыздық шамаларымен m_1 және m_2 байланысы Погсон формуласымен анықталады

$$\lg \frac{E_1}{E_2} = 0,4(m_2 - m_1) \quad (115)$$

$$C = m_{pg} - m_v = m_{pg} - m_{pv} \quad (116)$$

айырымы қарапайым түс көрсеткіші деп аталады, ал (B – V) айырмасы – негізгі түс көрсеткіші, (U – V) немесе кейде (U – B) айырмасы – ультракүлгін түс көрсеткіші деп аталады.

Ғаламшарлар және олардың серіктері шағылған күн жарығымен жарқырайды, сондықтан толық фаза кезінде олардың жарықтылығы

$$E = kA \frac{d^2}{r^2 \rho^2} \quad (117)$$

бұл жерде k – Күннің жарықтандыруы мен санақ жүйесін есепке алатын коэффициент, A – сфералық аль-беда*, d – сызықтық диаметр, r – гелиоцентрлік қашықтық және ρ – бақылаушыдан

қашықтығы; бұл қашықтықтар километрмен немесе астрономиялық бірліктермен өрнектеледі ($1 \text{ а.б} = 149,6 \cdot 10^6 \text{ км}$).

Жұлдыздарға дейінгі қашықтық парсекпен (пк) өлшенеді, және кей жағдайда – жарық жылымен (ж.ж) $1 \text{ пс} = 206\,605 \text{ а.б.} = 3,26 \text{ ж.ж}$

Жұлдызға дейінгі парсекпен өлшенген r қашықтық және оның бұрыштық секундпен өлшенген ($"$) жылдық параллакс арасындағы қатынас былайша өрнектеледі

$$r = \frac{1}{\pi} \quad (118)$$

Әрбір жеке жұлдыздың E жарқырауы жұлдыздың L жарықтылығына тура, ал оған дейінгі қашықтыққа кері пропорционал болғандықтан, екі жұлдыздың жарықтылықтарының қатынасы

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{E_1}{E_2} \cdot \frac{r_1^2}{r_2^2} = \frac{E_1}{E_2} \cdot \frac{\pi_2^2}{\pi_1^2} \quad (119)$$

Мысал

1. Вега (Лираның α) жұлдызының визуалды жұлдыздық шамасы $+0^m 14$, параллакс $0'' ,123$, ал Сукұйғыштың β жұлдызының визуалды жұлдыздық шамасы $+3^m ,07$ және параллакс $0'' ,003$. Бұл жұлдыздардың жарқырау және жарықтылық қатынастарын анықтаңдар.

Берілгені: $m_1 = +0^m ,14$, $\pi = 0'' ,123$, $m_2 = +3^m ,07$, $\pi = 0'' ,003$

Шешуі: (115) формулаға сәйкес

$$\lg \frac{E_1}{E_2} = 0,4(m_2 - m_1) = 0,49(3^m ,07 - 0^m ,14) = 1,172,$$

$$\frac{E_1}{E_2} = 14,86 = 15.$$

(115) формула бойынша

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{E_1}{E_2} \cdot \frac{\pi_2^2}{\pi_1^2} = 14,86 \left(\frac{0'' ,003}{0'' ,123} \right)^2 = \frac{14,86}{1681}$$

немесе

$$\frac{L_1}{L_2} = 113.1 = 113.$$

Сәйкесінше Вега жұлдызы Сукұйғыштың β жұлдызына қарағанда 15 есе жарық болып көрінеді, ал шындығында Сукұйғыштың β жұлдызы Вега жұлдызына қарағанда 113 есе жарық.

2. Марстың орташа қарсылық дәуірінде оның серіктері Жер бетінен $+11^m,6$ (Фобос) және $+12^m,6$ (Деймос) жұлдыздық шамадағы жұлдыз ретінде көрінеді. Марстағы ұлы қарсылық дәуіріндегі серіктерінің жалтырауын анықтау. Марстың орташа гелиоцентрлік қашықтығы 1,524 а.б, ал оның орбитасының эксцентриситеті -0,0934.

Берілгені: Марс: $a=1.524$ а.б; $e=0,0934$, Фобос: $m = +11^m,6$, Деймос: $m = +12^m,8$.

Шешуі:(117) формулаға сәйкес серіктің жарқырауы

$$E = kA \frac{d^2}{r^2 \rho^2}$$

Орташа қарсылық кезінде Марстың және оның серіктерінің гелиоцентрлік қашықтығы $r=a=1.524$ а.б , ал олардың геоцентрлік қашықтығы $\rho = a - a_0 = 1.524-1.0=0.524$ а.б

(35) формулаға сәйкес, Марстың ұлықарсылық дәуірінде оның гелиоцентрлік қашықтығы $r_1=q=a(1-e)=1.524(1-0.0934)=1.382$ а.б , ал геоцентрлік қашықтығы $\rho_1=q - a_0 = 1.382-1.0=0.382$ а.б сол себептен оның серіктерінің жарқырауы

$$E_1 = kA \frac{d^2}{r_1^2 \rho_1^2}$$

Сәйкесінше

$$\frac{E_1}{E} = \left(\frac{r\rho}{r_1\rho_1}\right)^2$$

немесе (115) формулаға сәйкес

$$\lg \frac{E_1}{E} = 2 \lg \frac{r\rho}{r_1\rho_1} = 0,4(m - m_1)$$

m - белгілі және m_1 -серіктің ізделінді жұлдыздық шамасы. Осында

$$m - m_1 = 5 \lg \frac{1,524 \cdot 0,524}{1,382 \cdot 0,382} = 5 \lg 1,51 = 5 \cdot 0,179 = 0^m, 9$$

Фобостың жұлдыздық шамасы $m_1 = +11^m, 6 - 0^m, 9 = +10^m, 7$, ал Деймостың жұлдыздық шамасы $m_1 = +12^m, 8 - 0^m, 9 = +11^m, 9$

Есептер

261. Арктур жұлдызы (α Волопас) Андромеданың α және Бикештің η жұлдыздарына қарағанда қанша есе жарық, егер Арктур жұлдызының визуалды жұлдыздық шамасы $+0^m, 24$, ал қалған жұлдыздардың жұлдыздық шамасы $+2^m, 15$, $+4^m, 00$ тең болса?

262. Аққудың ζ және Сукұйғыштың γ жұлдызы Сириус жұлдызына қарағанда қанша есе әлсіз, егер олардың жұлдыздық шамалары сәйкесінше $+2^m, 64$, $+3^m, 97$, $-1^m, 58$ тең болса?

263. Марстың визуалды жұлдыздық шамасы $+2^m, 0$ ден $-2^m, 9$ -ға дейінгі аралықта ауытқып тұрса оның жарқырау шамасы қанша есеге өзгереді?

264. Жарқырау шамалары 10,100 және 1000 есе айырмашылықта болатын жұлдыздардың жұлдыздық шамаларының айырымын анықтаңыз.

265. Жұлдыздық шамасы нөлге тең болатын қанша жұлдыз, жұлдыздық шамасы сегізге тең болатын 26700 ге тарта жұлдыздардың шығара алатындай жарық шығара алады?

266. Телескоппен бақылауға қолжетімді өте әлсіз жұлдыздық шамалары $+22^m, 5$ болатын жұлдыздар, жұлдыздық шамасы $+0^m, 89$ болатын Альтаир жұлдызына қарағанда қанша есе әлсіз?

267. Поллукс жұлдызының визуалды жұлдыздық шамасы $+1^m, 21$, Альтаир жұлдызының визуалды жұлдыздық шамасы $+0^m, 89$ және Ригель жұлдызының визуалды жұлдыздық шамасы $+0^m, 34$, ал олардың көрінерлік фотографиялық жұлдыздық

шамалары сәйкесінше $+2^m,46$, $+1^m,13$, $+0^m,17$. Бұл жұлдыздардың қарапайым түс көрсеткіштерін және фотосуреттік, визуалды сәулелену қарқындылықтарының қатынасын анықтау.

268. Вега жұлдызының сары фотоэлектрлік жұлдыздық шамасы $+0^m,03$, Альдебаран жұлдызыныкі $+0^m,86$ және Спика жұлдызыныкі $+0^m,97$ және олардың негізгі түс көрсеткіштерінің шамасы $+0^m,00$, $+1^m,54$ және $-0^m,23$. Ал ультракүлгін ($U - V$) түс көрсеткіштерінің шамасы $+0^m,00$, $+3^m,46$, және $-1^m,17$. Бұл жұлдыздардың көк және ультракүлгін жұлдыздық шамаларын анықтаңыз.

269. Алдыңғы тапсырмадағы әрбір жұлдыздың жұлдыздық шамаларының әр түрлі сәулелердегі жарқырау мәндерінің қатынастарын анықтау.

270. Күннің жарқырауының шамасы оның визуалды ($-26^m,78$) және фотосуреттік ($-26^m,21$) сәулелерінде, сары және көк сәулелерінде қанша есе айырмашылық болады, егер оның негізгі түс көрсеткішінің шамасы $+0^m,63$ болса. Жақшада Күннің көрінерлік жұлдыздық шамасы берілген.

271. Жұлдызға дейінгі шын қашықтықты немесе оның жұлдыздық шамасын екі, төрт немесе n ретке дейін азайтқанда оның көрінерлік жұлдыздық шамасы қалай өзгереді?

272. Процион жұлдызының фотосуреттік жұлдыздық шамасы $+0^m,88$, ал әдеттегі түс көрсеткіші $+0^m,40$. Оның Жерге дейінгі қашықтығын 5-10 есе ұлғайтқан және 3-6 есе кішірейткен кездегі визуалды жұлдыздық шамасын анықтаңыз.

273. Толық ай кезіндегі және Айдың алғашқы тоқсанындағы Жерге түсіретін жарықтылықтарының қатынасын анықтаңыз. Егер бірінші жағдайда Айдың жұлдыздық шамасы $-12^m,7$, ал екінші жағдайда $-9^m,2$ тең болса.

274. Толық Айдың Күнге қарағанда қанша есе жарықтылығы төмен, егер оның визуалды жұлдыздық шамасы $-12^m,7$, ал Күннің көрінерлік визуалды жұлдыздық шамасы $-26^m,8$.

275. Жер ең жарық жұлдыз Сириусқа қарағанда, Күннен ($-26^m,78$) қанша есе жарықты көп қабылдайды? Бұл жұлдыздың көрінетін визуалды жұлдыздық шамасы $-1^m,58$.

276. Күннің, Меркурийдің, Марстың, Плутоның көрінетін визуалды жұлдыздық шамасын және бұрыштық диаметрін, планеталардың Күнмен жарықталынуының мөлшерін Жердің

жарықталынуы мөлшерімен салыстыру. Бұл планеталардың күнге дейінгі қашықтығы сәйкесінше 0,387 а.б, 1,524 а.б, және 39,5 а.б. Күннің диаметрі 32', визуалды жұлдыздық шамасы – 26^m,78.

277. Марстың орташа қарсылық дәуірінде оның серіктері Жер бетінен жұлдыз тәрізді объект ретінде көрінеді. +11^m,6 (Фобос) және +12^m,6 (Деймос). Марстан бақылау кезіндегі толық фазадағы бұл серіктердің бұрыштық өлшемдерін және жұлдыздық шамаларын анықтаңыз. Егер Фобостың орташа көлденең қимасы 21 км, ал Деймостың көлденең қимасы 12 км. Олар планетаны 9400 км және 23500 км қашықтықта айналады. Марстың орташа гелиоцентрлік қашықтығы 1,524 а.б, радиусы 3400 км.

278. Марстың эксцентриситетін 0,0934 және алдыңғы тапсырмадағы сан мәндерін пайдаланып оның серіктерінің афелийден және перигелийден бақылау кезіндегі жұлдыздық шамасын анықтау.

279. Айдың диаметрі Жермен салыстыранда 3,67 есе аз: Жердің сфералық альбедосы 0,39, Айдың сфералық альбедосы 0,07. 384 400 км геоцентрлік қашықтықтағы толық Айдың жұлдыздық шамасы- 12^m,7. Жер мен Айдың көрінісі Күн бетінен бақылау кезінде қалай көрінеді?

280. Көрінетін визуалды жұлдыздық шамасы – 1^m,58 тең болатын Сириус жұлдызы, визуалды жұлдыздық шамасы +3^m,85 болатын Жылан жұлдызына қарағанда Жерге 20 есе жақын орналасқан. Бұл жұлдыздардың қайсысы бізге жарық болып көрінеді және олардың жарықтылықтарының қатынасы қандай?

281. Алдыңғы тапсырманы Бүркіттің α -сы және Орионның δ -сы жұлдыздарына қатысты шешу. Егер бірінші жұлдыздың жұлдыздық шамасы + 0^m,89 параллаксы 0''198, екінші жұлдыздікі +3^m,78 параллаксы 0''002 болса.

282. Полярлық, Мицара, Каптейн жұлдыздарының параллаксы 0''005, 0''037 және 0''251. Бұл жұлдыздардың бізден қашықтығын парсекпен және жарық жылымен өрнектеңіз.

283. Денебадан Жерге дейінгі қашықтық 815 жарық жылы, Альдебаран жұлдызынан 67,9 жыл, және Толиман жұлдызынан 4,34 жылдықұрайды. Бұл жұлдыздардың жылдық параллактарын анықтаңыз.

§ 13. Күннің және басқа да жұлдыздардың физикалық табиғаты

E – жарқырау; L – жарықтылық; (E) – жарықталыну

Жұлдыздардың жарықтылығы оның көрінетін абсолюттік жұлдыздық шамасымен байланысты (m) абсолюттік жұлдыздық шамасымен өрнектеледі (M).

$$M = m + 5 + 5 \lg \pi \quad (120)$$

$$M = m + 5 - 5 \lg r \quad (121)$$

π – жұлдыздың жылдық параллаксы, (``) секундпен өлшенеді және r – жұлдыздардың қашықтығы, парсекпен өлшенеді (пс).

Алдыңғы екі формуладағы M , m -нің визуалдық M_v , фотографиялық M_{pg} , фотоэлектрлік болып жазылады.

$$M_b = M_v + b \quad (122)$$

Болометрлік жұлдыздық шамасы да осылай жазыла береді.

$$m_b = m_v + b \quad (123)$$

b – жұлдыздың спектрлік классынан тәуелді болометрлік түзету. L – Күннің жарықтылығы деп қарастырсақ 1 ге тең, сонда

$$\lg L = 0,4(M_{\text{күн}} - M) \quad (124)$$

$M_{\text{күн}}$ – Күннің абсолюттік жұлдыздық шамасы:

$$M_{\text{күн}_v} = +4^m, 79; M_{\text{күн}_{pg}} = +5^m, 36 .$$

Төменде шығарылатын есептерде Стефан-Больцман заңы да қажет болады:

$$\varepsilon = \sigma T_e^4$$

Бұл жердегі Т-ны тек бұрыштық диаметрлері белгілі жұлдыздарға қолданамыз. Егер E – жұлдыздардан түскен энергия мөлшері болса, онда секундпен белгіленген бұрыштық диаметрінде Δ температура:

$$T_e = 642,3 \cdot \sqrt[4]{\frac{E}{\sigma \Delta^2}}, \quad (125)$$

мұнда

$$\sigma = 1.354 \cdot \frac{10^{-12} \text{ кал}}{\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{град}^4} = 5,70 \cdot 10^{-5} \text{ эрг}/(\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{град}^4),$$

$$E_{\text{күн}} \approx 2 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$$

Жұлдыздардың түсіне байланысты температурасын анықтағанда мына заңды ескереміз:

$$T = \frac{K}{\lambda_m}, \quad (126)$$

мұндағы λ_m толқын ұзындығы максимум энергияға қатысты болса, K – тұрақты, λ толқын ұзындығы см-мен өлшенгенде $K=0.2898 \text{ см} \cdot \text{град}$, ал ангстреммен (Å) өлшенгенде $K = 2898 \cdot 10^4 \text{ Å} \cdot \text{град}$.

Температураны жоғары дәлдікпен алу үшін (C) – түс көрсеткіші көмегімен есептеу керек:

$$T = \frac{7200^0}{C+0^{m,65}} \quad (127)$$

және

$$T = \frac{7920^0}{(B-V)+0^{m,72}}. \quad (128)$$

Қос жұлдыздардың массасын анықтауға тоқталсақ, Кеплердің 3 заңына сүйенеміз:

$$M_1 + M_2 = \frac{a^3}{p^2} \quad (129)$$

R- массасы кіші жұлдыздың айналу периоды.

$$a = \frac{a''}{\pi} \quad (130)$$

Егер жұлдыздардың a_1 , a_2 қашықтықтары белгілі болса, онда мына қатынасты қолдануға болады:

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{a_2}{a_1} \quad (131)$$

Сызықтық радиусы R- жұлдыздар әрқашанда Күннің радиусы арқылы алынады. Ал бұрыштық диаметрі белгілі жұлдыздар үшін:

$$R = 107,5 \frac{\Delta}{\pi} \quad (132)$$

$$\lg \Delta = 5,444 - 0,2m_b - 2 \lg T \quad (133)$$

Сонымен қатар жұлдыздардың сызықтық радиустары келесі формуламен өрнектеледі:

$$\lg R = 8,743 - 0,20M_b - 2 \lg T \quad (134)$$

$$\lg R = 0,82C - 0,20M_v + 0,51 \quad (135)$$

$$\lg R = 0,72(B - V) - 0,20M_v + 0,51 \quad (136)$$

Жұлдыздың орташа тығыздығын мына өрнекпен шамалауға болады:

$$\rho = \rho_{\text{күн}} \frac{M}{R^3} \quad (137)$$

Ал жұлдыздың сәуле шашу қуатын былай анықтаймыз:

$$\varepsilon_0 = 4\pi R^2 \sigma T_e^4 = 4\pi r^2 E \quad (138)$$

Ал секунд сайынғы жоғалатын массаны Эйнштейннің формуласы анықтайды:

$$\Delta M = \frac{\varepsilon_0}{c^2} \quad (139)$$

Мұндағы c - жарық жылдамдығы.

Мысал

1. Бұрыштық диаметрі $0''.0035$, жылдық параллаксы $0''.123$, және болометрлік жылтырауы $-0^m,54$ болатын Вега (Лираның α) жұлдызының эффективті температурасын және радиусын табыңыз. Күннің болометрлік жұлдыздық шамасы $-26^m,84$, ал Күндік тұрақтысы $2_{\text{кал}}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$ ге жақын.

Берілгені: Вега , $\Delta = 3'',5 \cdot 10^{-3}$, $\pi = 0'',123$, $m_b = 0^m,54$; Күнде, $m_{\text{күн}b} = -26^m,84$, $E_{\text{күн}} = \frac{2_{\text{кал}}}{\text{см}^2 \cdot \text{с}}$; $\sigma = 1,354 \cdot 10^{-12} \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{град}^4)$.

Шешуі: ең алдымен бұл есепте Жердің беттік ауданына түскен сәулені ескере мына формуладан бастаймыз.

$$\lg \frac{E}{E_{\text{күн}}} = 0,4(m_{\text{күн}b} - m_b) = -10,520 = -11 + 0,480.$$

Осыдан $\frac{E}{E_{\text{күн}}} = 3,02 \cdot 10^{-11}$.

(125) формулаға қатысты эффективті температурасын өрнектесек: $T_e = 642,3 \sqrt[4]{\frac{E}{\sigma \cdot \Delta^2}} = 10100\text{K}$.

Веганың радиусын (128) формуламен табамыз,

$$R = 107,5 \frac{\Delta}{\pi} = 3,1$$

Есептер

284. Жұлдыздардың визуалды жарықтылығын есептеңіз. Визуалды жарқырауы және жылдық параллактары: 1) $(0^m,89$

және $0''198$), 2) ($2^m, 14$ және $0''005$), және 3-ші шырақтікі ($4^m, 73$ және $0''285$).

285. Жұлдыздардың фотографиялық жарықтылығын табыңыз. Визуалды жарқырауы, кәдімгі түс көрсеткіші және Күннен қашықтығы жақшада көрсетілген.

1) ($1^m, 21$; $+1^m, 25$; және $10,75$ пс

2) ($3^m, 58$; $+0^m, 00$; және 500 пс

3) ($8^m, 85$; $+1^m, 30$; және $3,98$ пс (жоғарғы беттерден мағлұматтар қараңыздар).

286. Алдыңғы есептегі жұлдыздың визуалды жарықтылығы оның фотографиялық жарықтылығынан неше есе асып түседі?

287. Капелла жұлдызының визуалды жылтырауы $0^m, 21$, ал оның серігінікі $10^m, 0$. Бұл жұлдыздардың түс көрсеткіштері сәйкесінше $+0^m, 82$ және $+1^m, 63$. Капелланың визуалды және фотографиялық жарықтылығы өзінің серігінікінен неше есе көп екендігін табыңыз.

288. Үлкен Арланның β жұлдызының абсолюттік визуалды жұлдыздық шамасы $-2^m, 28$. Екі жұлдыздың визуалды және фотографиялық жарықтылығын табыңыз, егер оның бірі Үлкен Арланның β жұлдызынан ($+0^m, 29$ түс көрсеткішімен) 120 есе абсолютті жарығырақ, ал екіншісі ($+0^m, 90$ түс көрсеткішімен) 120 есе абсолютті әлсіз болса.

289. Егерде Күн, Ригель, Толиман және оның серігі Проксима Жерден бірдей арақашықтықта орналасса, онда Жер Күннен алған сәуле мөлшерімен салыстырғанда қалған жұлдыздардан қанша мөлшерде сәуле алар еді? Ригельдің визуалды жылтырауы параллаксы $0'', 003$. Ал Толимандікі $0^m, 12$ және $0'', 751$, Проксиманікі $10^m, 68$ және $0'', 762$. Ал Күннің жұлдыздық шамасы 275 ші есепте көрсетілген.

290. Үлкен Аюдың үш жұлдызының Күнге дейінгі қашықтықтарын және параллактарын олардың сары сәуледегі жарқырауына және көк сәуледегі абсолюттік жұлдыздық шамасына қарап табыңыз:

1) $V = 1^m, 79$, $(B - V) = +1^m, 07$ және $M_B = +0^m, 32$

2) $V = 3^m, 31$, $(B - V) = +0^m, 08$ және $M_B = +1^m, 97$

3) $V = 1^m, 86$, $(B - V) = -0^m, 19$ және $M_B = -5^m, 32$.

291. Бикештің α жұлдызының жарықтылығы көк сәуледе 720, негізгі түс көрсеткіші $-0^m, 23$, ал жарқырауы көк сәуледе $0^m, 74$. Жұлдыз Күннен қандай қашықтықта орналасқан және оның параллаксы неге тең?

292. Капелланың абсолюттік көк (В-сәуледе) жұлдыздық шамасы $0^m, 20$, ал Процион жұлдызынікі $+3^m, 09$. Көк сәуледе бұл жұлдыздар Регул жұлдызынан неше есе абсолютті жарық немесе әлсіз? Регул жұлдызының абсолютті сары жұлдыздық шамасы $-0^m, 69$, ал негізгі түс көрсеткіші $-0^m, 11$.

293. Параллаксы $0'', 751$ тең Толиманның орналасқан орнындай қашықтықта Күн орналасса онда қалай болар еді?

294. Егер параллактары сәйкесінше $0'', 039$, $0'', 019$, және $0'', 005$ тең Регул, Антарес, Бетельгейзе (Орион шоқжұлдызының жұлдызы) жұлдыздарының қашықтықтарында Күннің визуалды және фотографиялық жарқырауы неге тең болар еді?

295. Жұлдыздың болометрлік жарықтылығы, оның сары жарықтылығынан 20, 10 және 2 есеге, ал ол өз кезегінде көк түс-тегі жарықтылығынан 5, 2 және 0,8 есеге асып түссе болометрлік түзетуі негізгі түс айырмасынан қаншалықты айырмашылық көрсетеді?

296. Бикеш шоқжұлдызының α жұлдызының спектрінде максимум энергиясының электромагниттік толқын ұзындығы 1450 \AA және Капелла спектрінде 4830 \AA , ал Егіздер шоқжұлдызының β жұлдызының спектрінде 6580 \AA болсын. Осы жұлдыздардың түстік температурасын анықтаңыз.

297. Күн тұрақтысы периодты түрде 1,93 тан $2,00 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$ арасында өзгереді. Көрінетін диаметрі $32''$ болатын Күннің эффективті температурасы осы жағдайда қалай өзгереді? $\sigma = 1,354 \cdot 10^{-12} \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{град}^4)$

298. Алдыңғы есептің жауабына қарап, Күннің спектріндегі максимум энергияны ескеріп, толқын ұзындықтарын табыңыз.

299. Бұрыштық диаметрлеріне қарап және Жерге жеткен сәулелеріне қарап жұлдыздардың эффективті температурасын анықтаңыз.

1) Арыстан шоқжұлдызының α жұлдызы ($0'', 0014$, $3,23 \cdot 10^{-11} \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$)

2) Бүркіт шокжұлдызының α жұлдызы ($0^{\circ}00'03.00$, $2,13 \cdot 10^{-11}$ кал/(см² · мин))

3) Орион шокжұлдызының α жұлдызы ($0^{\circ}04'06.7$; $70 \cdot 10^{-11}$ кал/(см² · мин))

300. Эридан жұлдызының көрінетін болометрлік жұлдыздық шамасы $-1^m,00$ және бұрыштық диаметрі $0^{\circ}00'19$. Осы шамалар Тырнаның α жұлдызында $+1^m,00$ және $0^{\circ}00'10$, Торпақтың α жұлдызында $+0^m,06$ және $0^{\circ}01'18$. Күннің көрінетін жұлдыздық шамасын $-26^m,84$ және Күн тұрақтысын 2 кал/(см² · мин) ге жуық деп осы шырақтардың температурасын анықтаңыз.

301. Визуалды және фотографиялық жарқыраулары жақшада көрсетілген жұлдыздардың температураларын табыңыз. Орионның γ ($1^m,70$ және $1^m,41$); Геркулестің ϵ ($3^m,92$ және $3^m,92$); Персейдің α ($1^m,90$ және $2^m,46$) және Андромеданың β ($2^m,37$ және $3^m,94$).

302. Жақшада көрсетілген жұлдыздардың фотоэлектрлік сары және көк жұлдыздық шамаларына қарап температураларын анықтаңыз. Үлкен Арланның ϵ ($1^m,50$ және $1^m,29$); Орионның β ($0^m,13$ және $0^m,10$); Кил α ($-0^m,75$ және $-0^m,60$); Сукұйғышта болса ($2^m,87$ және $3^m,71$); Волопас ($-0^m,05$ және $1^m,18$); Кит ($2^m,53$ және $4^m,17$).

303. Алдыңғы екі есептің мәндеріне қарап максимум энергиялары спектріне сәйкес келетін жұлдыздардың толқын ұзындықтарын табыңыз.

304. Вега (Лира шокжұлдызының α жұлдызы) жұлдызының параллаксы $0^{\circ}01'12.3$ және бұрыштық диаметрі $0^{\circ}00'35$; Альтаирда болса сәйкесінше $0^{\circ}01'19.8$ және $0^{\circ}00'30$; Ригельде $0^{\circ}00'03$ және $0^{\circ}00'27$; Альдебаранда $-0^{\circ}00'48$ және $0^{\circ}02'00$. Осы жұлдыздардың көлемі мен радиустарын табыңыз.

305. Денеб жұлдызының жарқырауы көк сәуледе $1^m,34$, және негізгі түс көрсеткіші $+0^m,09$, параллаксы $0^{\circ}00'04$; дәл солай Егіздердің ϵ $+1^m,40$; және $0^{\circ}00'09$; Эриданның γ $4^m,54$; $+1^m,60$ және параллаксы $0^{\circ}00'03$. Осы шырақтардың радиустары мен көлемдерін табыңыз.

306. Температуралары бірдей Жылан илеуші шокжұлдызының δ жұлдызы және Барнард жұлдыздарының диаметрлерін

салыстырыңыз. Бірінде көрінетін болометрлік жұлдыздық шамасы $1^m, 03$ ал параллаксы $0'', 029$; дәл солай екіншісінде $8^m, 1$ және $0'', 545$.

307. Жұлдыздардың сызықтық радиусын табыңыз. Температурасы және абсолюттік болометрлік жұлдыздық шамасы сәйкесінше: Киттің α 3200° және $-6^m, 75$; Арыстанның β 9100° және $+1^m, 18$; Үндіс шоқ жұлдызының ε 4000° және $+6^m, 42$;

308. Жұлдыздардың бұрыштық және сызықтық диаметрлерін анықтаңыз. Олардың көрінетін болометрлік жұлдыздық шамасы және температурасы, параллаксы сәйкесінше: Үлкен Аю шоқжұлдызының μ жұлдызы ($-0^m, 41$; 15500° ; $0'', 004$), Үлкен Аю шоқжұлдызының ε жұлдызы ($+1^m, 09$; 10000° ; $0'', 008$), ал Айдаһардың β ($+2^m, 36$; 5200° ; $0'', 009$)

309. Егер екі жұлдыздың температуралары шамалас және радиустарында 20, 100, 500 есе айырмашылық болса, онда болометрлік жарықтылығы неше есе айырмашылықта байқалады?

310. Егер Сукүйғыш шоқжұлдызының α жұлдызыны көрінетін визуалдық жұлдыздық шамасы $3^m, 19$ болометрлі түзетуі $-0^m, 42$; ал параллаксы $0'', 003$; ал Күннің болометрлік жұлдыздық шамасы $+4^m, 73$ және екі жұлдыздың температуралары шамалас болса, онда екі шырақтың радиустарының қатынастарын табыңыз.

311. Егер Күннің бұрыштық диаметрі $32'$, ал көрінетін визуалдық жұлдыздық шамасы $-26^m, 78$; және эффективті температурасы 5800° болса онда құрамына Күнде кіретін G2V спектрлік классындағы жұлдыздардың болометрлік түзетулерін есептеңіз.

312. B0Ia классындағы жұлдыздардың жуықталған болометрлік түзетулерін анықтаңыз. Орион жұлдызы осы классқа енеді, және оның бұрыштық диаметрі $0'', 0007$, көрінетін визуалды жұлдыздық шамасы $1^m, 75$; және максимум энергиясы оның спектрінде 1094\AA ге сәйкес келеді.

313. 285-ші есептің мәндеріне қарап жұлдыздардың радиусын және орташа тығыздықтарын есептеңіз. Егіздер шоқжұлдызының β жұлдызының массасы шамамен 3,7; Арыстанның μ жұлдызының массасы 4,0 ге жуық, ал Каптейндікі 0,5.

314. Полярлы жұлдыздың визуалды жылтырауы $2^m, 14$; кәдімгі түс көрсеткіші $+0^m, 57$; ал параллаксы $0'', 005$; және мас-сасы 10 ға тең. Дәл солай Фомальгаут жұлдызында $1^m, 29$; $+0^m, 11$; $0'', 144$; және 2,5. Ал ван-Маанена $12^m, 3$; $+0^m, 50$; $0'', 236$; және 1,1. Жарықтылықтарын, радиус, орташа тығыздықтарын тауып, оларды Герцшпрунг-Рессел диаграммасында көрсетіңіз.

315. Гидрада орналасқан қос жұлдыздардың массаларының суммасын табыңыз. Параллаксы $0'', 010$, серігінің айналу периоды 15 жыл, және серігінің орбитасының үлкен жарты осінің бұрыштық өлшемі $0'' 21$.

316. Үлкен Аю шоқжұлдызының α жұлдызының орналасқан қос жұлдыздың массаларының суммасын табыңыз. Параллаксы $0'', 031$, ал серігінің айналу периоды 44,7 жыл, және серігінің орбитасының үлкен жартыосінің бұрыштық өлшемі $0'', 63$.

317. Мына төмендегі мәндерге қарап қосжұлдыздардың компоненттерінің массаларын табыңыз:

<i>Шырақ</i>	<i>Орбитаның үлкен жарты-осінің бұрыштық өлшемі</i>	<i>Жылдық параллаксы</i>	<i>Айналу периоды</i>	<i>Жалпы масса центрінен жұлдыздардың арақашықтық қатынасы</i>
Арбакештің α жұлдызы	$0'', 054$	$0'', 073$	105 күн	11:14
Егіздер α жұлдызы	$6'', 29$	$0'', 072$	420 жыл	8:7
Үлкен Аю ϵ жұлдызы	$2'', 51$	$0'', 127$	59,8 жыл	49:51

318. Алдыңғы есептегі жұлдыздардың мәндеріне қарап радиустарын, көлемдерін, орташа тығыздықтарын есептеңіз. Бұл жұлдыздардың көрінетін сары жұлдыздық шамасы және негізгі түс көрсеткіштері сәйкесінше: $(0^m, 08$; $+0^m, 80$ және $(2^m, 00$; $+0^m, 04)$ және үшінші жұлдызда $(3^m, 79$; $+0^m, 59)$.

319. 299 тапсырмадағы Күн үшін және басқа да жұлдыздар үшін сәуле қуатын және секунд, тәулік, жыл сайын жоғалтатын

массаларын есептеңіз. Параллактары: Арыстан шоқжұлдызының α жұлдызында $0'',039$, Бүркіт шоқжұлдызының жұлдызында болса $0'',198$, ал Орион шоқжұлдызының α жұлдызында $0'',005$.

320. Алдыңғы есеп жауаптарына қарап Күннің және басқа жұлдыздардың жарық интенсивтілігін есептеңіз. Күннің массасын $2 \cdot 10^{30}$ кг деп алыңызда, әрқайсысының қазіргі массасынан жартысын жоғалтуы (Күннің массасында): Арыстанда $5,0$; ал Бүркітте $2,0$; және Орионның α -сында 15 деп алыңыз.

321. Лақсүмбіле (Кішісүмбіле) қосжұлдызының физикалық қасиеттерін анықтаңызда, оларды Герцшпрунг-Рессел диаграммасында көрсетіңіз. Бақылаудан Лақсүмбіле (Кішісүмбіле) визуалды жарқырауы $0^m,08$ ал кәдімгі түс көрсеткіші $+0^m,40$; ал көрінетін болометрлік жұлдыздық шамасы бұрыштық диаметрі $0'',0057$; ал параллакс $0'',288$; ал Лақсүмбіле (Кішісүмбіле) серігінің визуалды жарқырауы $10^m,81$; оның кәдімгі түс көрсеткіші $+0^m,26$; басты жұлдызды айналу периоды $40,6$ жыл, орбитасындағы үлкен жартыосінің өлшемі $4'',55$; Екі жұлдыздыңда центрден арақашықтықтарының қатынасы $19:7$. Күн туралы қосымша мәліметтер 87-88 бетте.

322. Алдыңғы тапсырманы Центавр шоқжұлдызының α қосжұлдыздары үшін шешіңіз. Басты жұлдызда фотоэлектрлік сары жұлдыздық шамасы $0^m,33$; негізгі түс көрсеткіші $+0^m,63$; көрінетін болометрлік жұлдыздық шамасы $0^m,28$ серігінде де дәл осылай ($1^m,70$; $+1^m,00$; $1^m,12$), $17'',6$ көрінетін орташа қашықтықта айналу периоды $80,1$ жыл. Жұлдыздың параллакс $0'',751$; және жалпы центрден арақашықтықтарының қатынасы $10:9$.

§ 14. Еселі және айнымалы жұлдыздар

Еселі жұлдыздың E жарқырауы барлық құраушыларының жарқырауының E_i қосындысына тең:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots = \sum E_i \quad (140)$$

және сондықтан оның көрінетін m және абсолюттік M жұлдыздық шамасы әрқашан m_1 және M_1 әр құраушының жұлдыздық шамасына қатысты кішірек.

Погсонның (115) формуласына қойып:

$$\lg \frac{E}{E_0} = 0,4(m_0 - m)$$

$E_0 = 1$ және $m_0 = 0$ екенін біліп, мынаны аламыз:

$$\lg E = -0,4m \quad (141)$$

Әр құраушының жарқырауын (137) формула арқылы анықтап, (136) формула арқылы тұтылмалы жұлдыздың қосынды жалтырауын E және (137) формула арқылы $m = -2,5 \lg E$ екенін табады.

Егер құраушыларының жарқырауларының қатынасы берілсе

$$\frac{E_1}{E_2} = k, \frac{E_3}{E_1} = n$$

және т.б., онда әр құраушының жалтырауын олардың біреуінің жалтырауы арқылы білдіреді, мысалы $E_2 = \frac{E_1}{k}$, $E_3 = nE_1$ және т.б., және (140) формула арқылы E жарқырауын табады.

Тұтылмалы айнымалы жұлдыздың құраушыларының ϑ орташа орбитальды жылдамдығы периодты түрде оның спектріндегі орташаның орналасуынан көбірек жылжитын (λ толқын ұзындықтары) $\Delta\lambda$ сызықтарымен табылуы мүмкін, осы жағдайда былай қабылдаса болады

$$\vartheta = \vartheta_r = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \quad (142)$$

мұндағы ϑ_r – сәулелі жылдамдық және $c = 3 \cdot 10^5$ км/с – жарық жылдамдығы.

ϑ құраушыларының және жұлдыздың айнымалы P периодының табылған мәндері арқылы олардың абсолютті орбитасындағы a_1 және a_2 үлкен жартыөстерін анықтайды:

$$a_1 = \frac{\vartheta_1}{2\pi} P \text{ және } a_2 = \frac{\vartheta_2}{2\pi} P, \quad (143)$$

одан соң олардың салыстырмалы орбитасының үлкен жартыөсін

$$a = a_1 + a_2 \quad (144)$$

және, сонымен, (129) және (131) формулалар бойынша масса құраушыларын есептейді.

(142) формула жаңа және аса жаңа жұлдыздардан лақтырылған газды қабыршақтардың кеңеюінің жылдамдығын анықтауға мүмкіндік береді.

Мысалдар

1. Үштік жұлдыздың құраушыларының көрінетін визуальды жұлдыздық шамасын анықтаңыз, егер оның визуальды жалтырауы $3^m, 70$, екінші құраушысы үшінші құраушысына карағанда 2,8 есе, ал біріншісі екіншісінен $3^m, 32$ есе жарығырақ болса.

Берілгені: $m = 3^m, 70$; $\frac{E_1}{E_2} = 2,8$; $m_1 = m_3 - 3^m, 32$.

Шешімі: (137) формула бойынша табамыз

$$\lg E = -0,4m = -0,4 \cdot 3^m, 70 = -1,480 = 2,520$$

және $E = 0,03311$.

(140) формуланы қолдану үшін, $\frac{E_1}{E_3}$ қатынасын табу керек;

(115) формула бойынша,

$$\lg \frac{E_1}{E_3} = 0,4(m_3 - m_1) = 0,4 \cdot 3^m, 32 = 1,328,$$

осыдан $E_1 = 21,3E_3$.

(140) сәйкес, $E = E_1 + E_2 + E_3 = 21,3E_3 + 2,8E_3 + E_3 = 25,1E_3$, және сонда

$$E_3 = \frac{E}{25,1} = \frac{0,03311}{25,1} = 0,001319 = 0,00132,$$

$$E_2 = 2,8E_3 = 2,8 \cdot 0,001319 = 0,003693 = 0,00369,$$

$$E_1 = 21,3E_3 = 21,3 \cdot 0,001319 = 0,028094 = 0,02809$$

(141) формула бойынша

$$\begin{aligned} m_1 &= -2,5 \lg E_1 = -2,5 \cdot \lg 0,02809 = -2,5 \cdot 2,449 = 3^m, 88, \\ m_2 &= -2,5 \lg E_2 = -2,5 \cdot \lg 0,00369 = -2,5 \cdot 3,567 = 6^m, 08, \\ m_3 &= -2,5 \lg E_3 = -2,5 \cdot \lg 0,00132 = -2,5 \cdot 3,121 = 7^m, 20. \end{aligned}$$

2. Жарқырауы 3,953 тәулікте ауысатын тұтылған айнымалы жұлдыздың спектрінде олардың орташа орналасуына қатысты сызықтары қарама-қарсы жаққа сызықтарының қалыпты толқын ұзындығынан периодты жылжуы $1,9 \cdot 10^{-4}$ және $2,9 \cdot 10^{-4}$. Осы жұлдыздың құраушыларының массасын анықтау.

Берілгені: $(\frac{\Delta\lambda}{\lambda})_1 = 1,9 \cdot 10^{-4}$; $(\frac{\Delta\lambda}{\lambda})_2 = 2,9 \cdot 10^{-4}$; $P = 3^k, 953$.

Шешімі: (138) формула бойынша, бірінші құраушының орташа орбитальдық жылдамдығы

$$v_1 = v_{r1} = c(\frac{\Delta\lambda}{\lambda})_1 = 3 \cdot 10^5 \cdot 1,9 \cdot 10^{-4}; v_1 = 57 \text{ км/с},$$

Екінші құраушының орбитальдық жылдамдығы

$$v_2 = v_{r2} = c(\frac{\Delta\lambda}{\lambda})_2 = 3 \cdot 10^5 \cdot 2,9 \cdot 10^{-4}; v_1 = 87 \text{ км/с}.$$

Құраушыларының орбиталарының үлкен жартыөсінің мәнін есептеу үшін, айнымалының периодына тең P айналу периоды белгілі болуы керек, оны секундпен белгілеу керек. Себебі $1^k = 86400^c$ болса, онда $P = 3,953 \cdot 86400^c$. Сонда, (139) формулаға сәйкес, бірінші құраушының үлкен жартыөсі

$$a_1 = \frac{v_1}{2\pi} P = \frac{57 \cdot 3,953 \cdot 86400}{2 \cdot 3,14};$$

$$a_1 = 3,10 \cdot 10^6 \text{ км},$$

Ал екінші $a_2 = \frac{v_2}{2\pi} P = \frac{87}{57} \cdot 3,10 \cdot 10^6$; $a_2 = 4,73 \cdot 10^6$ км және, (140) бойынша, салыстырмалы орбитаның үлкен жартыөсі

$$a = a_1 + a_2 = 7,83 \cdot 10^6; a = 7,83 \cdot 10^6 \text{ км}.$$

(125) формула бойынша масса құраушыларының қосындысын табу үшін a -ны а.б.-пен ($1 \text{ а. б.} = 149,6 \cdot 10^6 \text{ км}$) және P – жылмен белгілеу керек ($1 \text{ жыл} = 365^k, 3$).

$$\begin{aligned} \lg(M_1 + M_2) &= 3 \lg a - 2 \lg P = 3 \lg \frac{7,83 \cdot 10^6}{149,6 \cdot 10^6} - 2 \lg \frac{3,953}{365,3} = \\ &= 3(\lg 7,83 - \lg 149,6) - 2(\lg 3,953 - \lg 365,3) = \\ &= 3(0,8938 - 2,1749) - 2(0,5969 - 2,5626) = 0,0881 \end{aligned}$$

немесе $M_1 + M_2 = 1,22 \approx 1,2$.

Массалардың қатынасы, (131) формула бойынша,

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{a_2}{a_1} = \frac{4,73 \cdot 10^6}{3,10 \cdot 10^6} = 1,53,$$

және сонда $M_1 \approx 0,7$ және $M_2 \approx 0,5$ (Күн массасымен).

Есептер

323. Балықтың α екілік жұлдыздың құраушыларының жалтырауы $4^m, 3$ және $5^m, 2$ болса, оның визуалды жарқырауын анықтау керек.

324. Лираның ε төрттік жұлдызының құраушыларының мынадай жарқырауы бойынша $5^m, 12$; $6^m, 03$; $5^m, 11$; $5^m, 38$ оның жарқырауын анықтау керек.

325. Тоқтының γ екілік жұлдызының визуалды жалтырауы $4^m, 02$, оның жұлдыздық шамаларының құраушыларының айырмашылығы $0^m, 08$ құрайды. Осы жұлдыздың әр құраушысының көрінетін жұлдыздық шамасын табу.

326. Үштік жұлдыздық жүйенің бірінші құраушысы екіншісінен 3,6 есе жарығырақ, ал үшінші құраушысы екіншісінен 4,2 есе әлсіздеу және оның жарқырауы $4^m, 36$ болса, осы жүйенің жарқырауы қандай?

327. Жұлдыздың көрінетін жұлдыздық шамасын табу керек, егер оның құраушысының біреуі $3^m, 46$, ал екінші құраушысы бірінші құраушысынан $1^m, 68$ жарығырақ болса.

328. Жалғызмүйіз β үштік жұлдызының визуалды жалтырауы $4^m, 07$, осы жұлдыздың құраушыларының жұлдыздық шамасын

анықтау керек, егер оның екінші құраушысы біріншісінен 1,64 есе әлсіздеу және үшіншісінен $1^m, 57$ жарығырақ болса.

329. Егіздер α екілік жұлдызының құраушыларының визуалды жарықтылығын және жалпы жарықтылығын анықтау, егер оның құраушылары $1^m, 99$ және $2^m, 85$ жарқырауына ие, ал параллаксы $0'', 072$ болса.

330. Бикештің γ екілік жұлдызының екінші құраушысының визуалды жарықтылығын анықтау, егер осы жұлдыздың визуалды жарқырауы $2^m, 91$, бірінші құраушысының жарқырауы $3^m, 62$, ал параллаксы $0'', 101$ болса.

331. Мицар (ζ Жетіқарақшы) екілік жұлдыздың құраушыларының визуалды жарықтылығын анықтау, егер оның жарқырауы $2^m, 17$, ал параллаксы $0'', 037$, ал бірінші құраушысы екіншісінен 4,37 есе жарығырақ болса.

332.ηКассиопеи екілік жұлдызының құраушыларының визуалды жарқыраулары $3^m, 50$ және $7^m, 19$ болса, олардың түс көрсеткіштері $+0^m, 57$ және $+0^m, 63$ болса, осы жұлдыздың фотографиялық жарықтылығын табу.

333. Кестеде берілген шамалар арқылы тұтылған айнымалы жұлдыздың масса құраушыларын есептеу:

<i>Жұлдыз</i>	<i>Құраушылардың сәулелі жылдамдығы</i>	<i>Айналымлығының периоды</i>
β Персей	44 км/с және 220 км/с	$2^k, 867$
U Жылан елеуші	180 км/с және 205 км/с	$1^k, 677$
WW Арбашы	117 км/с және 122 км/с	$2^k, 525$
U Цефей	120 км/с және 200 км/с	$2^k, 493$

334. Персейдің β және Аққудың χ айнымалы жұлдыздарының визуалды жарқырауы неше есе өзгереді, егер бірінші жұлдызда ол $2^m, 2$ мен $3^m, 5$ аралығында өзгерсе, ал екінші жұлдызда $3^m, 3$ пен $14^m, 2$?

335. Орионның α және Шаянның α айнымалы жұлдыздарының визуалды және болометрлік жарықтылықтары неше есе өзгереді, егер бірінші жұлдыздың визуалды жарқырауы $0^m, 4$ -тен $1^m, 3$ -ге дейінгі аралықта және оған сәйкес болометрлік тү-

зетулер $-3^m, 1$ -ден $-3^m, 4$ -ке дейінгі аралықта, ал екінші жұлдызда жарқырауы $0^m, 9$ -дан $-3^m, 4$ -ге дейін және болометрлік түзетулері, 8-ден -ге дейін өзгерсе?

336. Орионның α және Шаянның α айнымалы жұлдыздарының сызықты радиустары қандай аралықта және неше есе өзгереді, егер бірінші жұлдыздың параллакссы $0'', 005$ және бұрыштық радиусы $0'', 034$ -тен (жарқыраудың максимумында) $0'', 047$ -ге (жарқыраудың минимумында) дейін өзгерсе, ал екінші жұлдызда параллакссы $0'', 019$ және бұрыштық радиусы $-0'', 028$ -ден $0'', 040$ -қа дейін өзгерсе?

337. 335 пен 336 есептердің берілгені бойынша Бетельгейзе мен Антарестің жарқырауының максимумындағы температурасын есептеу, егер бірінші жұлдыздың температурасы минимумында 3200 K , ал екіншісінікі – 3300 K болса.

338. Кіші Аюдың α , Егіздің ζ , Бүркіттің η , ТҮ Щиттің және UZ Щиттің, осы айнымалы-цефеидалы жұлдыздардың сары және көк сәулесінде жарықтылығы неше есе және қандай тәуліктік градиентпен өзгереді, айнаамалылық туралы мәлімет кестеде көрсетілген:

Жұлдыз	Период δ	Көк сәуледегі жалтырау		Түстің негізгі көрсеткіші	
		Максимумында	Минимумында	Максимумында	Минимумында
Кіші аю α	$3^k, 97$	$2^m, 50$	$2^m, 50$	$+0^m, 56$	$+0^m, 61$
Егіздер ζ	$10^k, 15$	$4^m, 38$	$5^m, 18$	$+0^m, 70$	$+1^m, 02$
Бүркіт η ТҮ Щит	$7^k, 18$	$4^m, 08$	$5^m, 36$	$+0^m, 59$	$+1^m, 04$
UZ Щит	$11^k, 05$	$11^m, 79$	$13^m, 19$	$+1^m, 47$	$+2^m, 00$
	$14^k, 74$	$12^m, 43$	$13^m, 80$	$+1^m, 63$	$+2^m, 12$

339. Алдыңғы есептің берілгені бойынша жұлдыздың жарқырауының (сары және көк сәуледегі) амплитудалық өзгерісін және негізгі түс көрсеткішін табу, амплитуданың айнымалылығының периодына тәуелділік графигін құру және график бойынша табылған заңдылықтарды қорытындылау.

340. Цефейдің δ жұлдызының жарқырауының минимумындағы жұлдыздық шамасы $4^m, 3$, ал R Үшбұрыштікі $12^m, 6$. Осы жұлдыздардың жарықтылығының максимумындағы жарқырауы қандай, егер жарқыраулары сәйкес $2,1$ және 760 есе өсетін болса?

341. Жаңа Бүркіттің жарқырауы 1918 жылы 2,5 тәуліктің ішінде 10^m , 5-тен 1^m , 1-ге дейін өзгерді. Ол неше рет өсті және жарты тәуліктің ішінде орташадан өзгерді?

342. 1975 жылы 29 тамызда табылған Жаңа Аққудың жарқырауы жарқ етуге дейін 21^m -ге жуық болды, ал максимумда 1^m , 9-ға өсті. Егер жарқырауының максимумында жаңа жұлдыздың абсолютті жұлдыздық шамасын шамамен -8^m деп санақ, онда осы жұлдыз жарқ етуге дейін және жарқыраудың максимумында жарықтылығы қандай болды және осы жұлдыздың шамамен Күннен қашықтығы қаншаға тең?

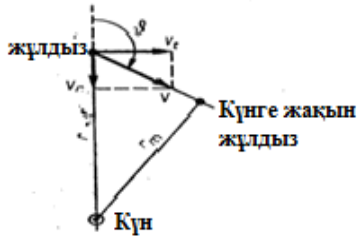
343. Жаңа Бүркіттің спектріндегі эмиссионды сүтегінің сызықтары H_β (4861 \AA) және H_β (4340 \AA) 1918 жылы күлгін соңына қарай $39,8 \text{ \AA}$ және $35,6 \text{ \AA}$ жылжыды, ал Жаңа Аққудың спектрінде 1975 жылы – $40,5 \text{ \AA}$ және $36,2 \text{ \AA}$. Осы жұлдыздарда лақтырылған газдық қабықшалар қандай жылдамдықпен кеңейді?

344. Үлкен Аю шоғырындағы M81 галактикасының бұрыштық өлшемдері $35' \times 14'$, ал Тазылар шоғырындағы M51 галактикасының бұрыштық өлшемі $14' \times 10'$. Әр уақытта жарқ еткен бұл галактикалардағы аса жаңа жұлдыздардың көбірек жалтырауы сәйкес мынаған тең болды 12^m , 5 және 15^m , 1. Жалтырауының максимумында жаңа жұлдыздың абсолютті жұлдыздық шамасын шамамен -15^m , 0-ге жуық деп қабылдап, осы галактикаларға дейінгі қашықтықты және олардың сызықты өлшемдерін есептеу.

§15. Жұлдыздардың және галактикалардың кеңістікте қозғалысы

Кеңістікте жұлдыздың жылдамдығы әрқашан Күнге қатысты анықталады (10-сурет) және Күн мен жұлдызды қосатын сәуленің бойымен бағытталған сәулелік жылдамдық v_r мен тангенциалды жылдамдық v_t арқылы есептеледі:

$$v = \sqrt{v_r^2 + v_t^2} \quad (145)$$



10-сурет

Жұлдыздың кеңістіктегі v жылдамдық бағыты θ бұрышы арқылы өрнектеледі. θ бұрышы жұлдызбен бақылаушы көре алатын сәуле арасындағы бұрыш

$$\cos \theta = \frac{v_r}{v} \text{ және } \sin \theta = \frac{v_t}{v} \quad (146)$$

бұл жерде $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$.

Бақылаулардан жұлдыздың v_r сәулелік жылдамдығы жерге қатысты анықталады.

Егер жұлдыздың спектрінде λ толқын ұзындығының сызығы өзінің қалыпты (лабораториялық) жағдайынан Δx мм шамасына жылжыса, ал спектрограмма дисперсиясы ол аймақта $D \text{ \AA}/\text{мм}$ –ге тең болса, онда \AA (Ангстреммен) өрнектелген сызықтың ауысуы

$$\Delta \lambda = \lambda' - \lambda = \Delta x \cdot D \quad (147)$$

және (142) формула бойынша сәулелік жылдамдық

$$v_n = c \cdot \frac{\Delta \lambda}{\lambda}$$

мұндағы: $c=3 \cdot 10^5 \text{ км/с}$ – жарық жылдамдығы.

Онда Күнге қатысты сәулелік жылдамдық (км/с)

$$v_r = v_r - 29,8 \cdot \sin(\lambda_* \cdot \lambda_{\text{Күн}}) \cos \beta_* \quad (148)$$

бұл жерде λ_* – жұлдыздың эклиптикалық бойлығы мен β_* - эклиптикалық ендігі, $\lambda_{\text{күн}}$ - Жұлдыз спектрограммасы қабылданған уақыттағы Күннің эклиптикалық бойлығы, ал 29,8 саны Жердің айналу жылдамдығын (км/с) білдіреді.

Жылдамдық V_r (немесе v_r) Күннен бағытталса тура (немесе Жерден), ал Күнге қарай бағытталса теріс (немесе Жерге) болады.

Жұлдыздың тангенциалды жылдамдығы v_t (км/с) оның жылдық параллаксы π бойынша және өздік қозғалысы μ бойынша анықталады, әрине аспанда жұлдыздың 1 жылда орын ауыстыру доғасы бойынша

$$v_t = 4,74 \cdot \frac{\mu}{\pi} = 4,74 \cdot \mu \cdot r \quad (149)$$

μ мен π доғаның секундмен ("), ал жұлдызға дейінгі арақашықтық r – парсекпен өлшенеді.

Өз кезегінде, μ – жұлдыздың экваториалды координаттары α мен δ –ның (прецессияны қоса) жылдық өзгерісі бойынша анықталады:

$$\mu = \sqrt{(15 \cdot \mu_\alpha \cdot \cos \delta)^2 + \mu_\delta^2} \quad (150)$$

тік шарықтаудағы жұлдыздың өздік қозғалыс компоненті μ_α уақыттық секунд (с) бірлігімен, еңкеюдегі компоненті μ_δ – доғалық секундпен (") өрнектелген.

Өздік қозғалыс бағыты μ әлемнің солтүстік полюсі бағытымен есептелетін позициялық Ψ бұрышымен анықталады:

$$\cos \psi = \frac{\mu_\delta}{\mu} \quad (151)$$

$$\sin \psi = \frac{15 \cdot \mu_\alpha \cdot \cos \delta}{\mu} \quad (152)$$

Ψ шегі 0^0 -тан 360^0 -қа дейін.

10-сурет бойынша жұлдыздың өткен жолын (немесе өтетін) Күннен минималды r_m арақашықтықта Δt уақыт интервалында анықтау қиын емес.

Галактикалар мен квазарлардың өздік қозғалысы $\mu=0$, сондықтан оларда тек сәулелік жылдамдық анықталады, ал бұл жылдамдық өте үлкен болғандықтан Жер жылдамдығы ескерілмейді, сонда $v_r=V_r, \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = z$ деп белгілесек, $z \leq 0,1$ болатын салыстырмалы жақын галактикаларды аламыз :

$$v_r = c \cdot z \quad (153)$$

және Хаббл заңына сәйкес олардың арақашықтықтары мегапарсекте өлшенеді:

$$r = \frac{v_r}{H} = \frac{v_r}{50}. \quad (154)$$

Хаббл тұрақтысы $H= 50 \text{ км/с} \cdot \text{Мпк}$, $z \geq 0,1$ болатын алыстағы галактикалар мен квазарлар үшін релятивистік формула қолданылады:

$$v_r = \frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1} \cdot c \quad (155)$$

Ал олардың арақашықтығын бағалау әлемнің қабылданған космологиялық моделіне қатысты болып табылады.

Енді жабық пульсарлаушы модель үшін:

$$r = \frac{c}{H} \cdot \frac{z}{1+z} \quad (156)$$

Ал Эйнштейн – де Ситтердің ашық моделінде

$$r = \frac{2 \cdot c}{H} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{(1+z)}} \right) \quad (157)$$

Мысалдар

1. Жұлдыздың спектрінде толқын ұзындығы 5016Å тең гелий сызығы $0,017 \text{ мм}$ қызыл шекараға ығысқан, бұл аймақтағы спектрграмма дисперсиясы 20Å/мм -ге тең. Жұлдыздың эклиптикалық бойлығы $47^{\circ}55'$ -қа, ал эклиптикалық ендігі $-26^{\circ}45'$ -қа тең,

ал спектрі алынған уақытта Күннің эклиптикалық бойлығы $223^{\circ}14'$ -тық мәнге жақын болған. Жұлдыздың сәулелік жылдамдығын табыңыз.

Берілгені: Спектр $\lambda=5016\text{Å}$, $\Delta x = +0,017\text{мм}$, $D=20\text{Å/мм}$, Жұлдыз: $\lambda_*=43^{\circ}55'$, $\beta_* = -26^{\circ}, 45'$, Күн: $\lambda_{\text{күн}} = 223^{\circ}44'$.

Шешімі: (147) және (142) формулалар бойынша спектральды сызықтың ығысуын тауып аламыз:

$$\Delta\lambda = \Delta x D = +0,017 \cdot 2 = +0,34\text{Å}$$

Және жұлдыздың Жерге қатысты сәулелік жылдамдығын:

$$\vartheta_r = c \cdot \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 3 \cdot 10^5 \frac{+0,34}{5016} = +20,5\text{км/с}$$

(144) формуланы қолданып жұлдыздың күнге қатысты сәулелік жылдамдығын табу үшін кестеден мына мәндерді табу керек:

$$\sin(\lambda_* - \lambda_{\text{күн}}) = \sin(47^{\circ}55' - 223^{\circ}14') = -0,0816$$

және $\cos \beta_* = \cos(-26^{\circ}45') = +0,8930$.

Сол кезде

$$V_r = \vartheta_r - 29,8 \cdot \sin(\lambda_* - \lambda_{\text{күн}}) \cdot \cos \beta_* = +20,5 + 29,8 \cdot 0,0816 \cdot 0,8930 = +22,7$$

$$V_r = +22,7\text{км/с}$$

2. Фотографиялық жарқырауы $15^{\text{m}},5$, бұрыштық диаметрі $0'',03$ болатын квазардың толқын ұзындығы 4861Å болатын сутегінің H_{β} эмиссионды сызығы 5421Å ге сәйкес келеді. Квазардың жарықтылығын, сызықтық өлшемдерін, арақашықтығын, сәулелік жылдамдығын тап.

Берілгені: $m_{\text{pg}}=15^{\text{m}},5$; $\Delta = 0,03$, H_{β} $\lambda'=5421\text{Å}$, $\lambda=4861\text{Å}$

Шешімі: (147) формула бойынша сутегінің спектральды сызығының ауысуы

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = 5421 - 4861 = +560\text{Å}$$

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = +\frac{560}{4861} = +0.115$$

Содан $z > 0,1$ болғандықтан (154)-ге сәйкес сәулелік жылдамдық

$$V_r = \frac{(z+1)^2 - 1}{(z+1)^2 + 1} \cdot c = \frac{(0,115+1)^2 - 1}{(0,115+1)^2 + 1} \cdot 3 \cdot 10^5 = +32400 \text{ км/с}$$

(155) формула бойынша Әлемнің жабық пульсарлаушы моделінде квазарға дейінгі арақашықтық:

$$r = \frac{c}{H} \cdot \frac{z}{1+z} = \frac{3 \cdot 10^5}{50} \cdot \frac{0,115}{1+0,115} = 619 \text{ МПс}$$

немесе $r = 619 \cdot 10^6 \cdot 3,26 \text{ ж.ж} = 2,02 \cdot 10^9 \text{ ж.ж.}$

Сонда (159) бойынша, квазардың сызықтық диаметрі

$$D = r \cdot \frac{\Delta''}{26265} = 619 \cdot 10^6 \cdot \frac{0'',03}{206265} = 90 \text{ Пс}$$

немесе

$$D = 90 \cdot 3,26 = 293 \text{ ж.ж.}$$

(121) ге сәйкес Жұлдыздық абсолюттік фотографиялық жұлдыздық шамасы

$$M_{pg} = m_{pg} + 5 - 5 \lg r = 15^m,5 + 5 - 5 \lg 619 \cdot 10^6 = -23^m,5$$

және (124) формула бойынша жарықтылық логарифмі

$$\lg L_{pg} = 0,4 \cdot (M_{кунpg} - M_{pg}) = 0,4 \cdot (5^m,36 + 23^m,5) = 11^m,54$$

Осы жерден жарықтылығы $L_{pg} = 347 \cdot 10^9$ Күн секілді 347 миллиард жұлдыздың жарықтылығына тең шама шығады. (153) формула бойынша осы шамалар Эйнштейн – де Ситтер моделінде де шығады:

$$r = \frac{2c}{H} \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+z}}\right) = \frac{2 \cdot 3 \cdot 10^5}{50} \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+0,115}}\right) = 636 \text{ МПс}$$

немесе $r=636 \cdot 10^6 \cdot 3.26=2.07 \cdot 10^9$ жарық жылы $D=92,5$ Пс= 302 жж, дәл осындай дәлдікпен $M_{pg}=-23^m5$ және $L_{pg}=347 \cdot 10^9$.

Есенмер

345. Толқын ұзындықтары 4861 \AA және 4102 \AA те сутегінің H_β және H_δ жұтылу сызықтары жұлдыз спектрінде сәйкесінше $0,66$ және $0,56 \text{ \AA}$ қызыл шекараға жылжыған. Бақылау түніндегі Жерге қатысты жұлдыздың сәулелік жылдамдығын табыңыз.

346. Алдыңғы есепті Регула (α Арыстан) жұлдызы үшін шешіңіз, егер сол сызықтар жұлдыз спектрінде сәйкесінше $0,32 \text{ \AA}$ және $0,27 \text{ \AA}$ күлгін шекарасына жылжыса.

347. Сәулелік жылдамдығы -60 км/с , спектрограмма дисперсиясы бірінші аймақта 25 \AA/мм , екінші аймақта 20 \AA/мм болатын, толқын ұзындығы 5270 \AA және 4308 \AA -ге тең темірдің жұтылу сызықтары спектрдің қай жағына және қанша мм-ге ығысады?

348. Жерге қатысты сәулелік жылдамдығы біріншісінде -50 км/с , ал екіншісінде $+30 \text{ км/с}$ болатын жұлдыздың спектрінде H_β , H_δ , H_z жұтылу сызықтарының орналасуын табу. Бұл сызықтардың қалыпты толқын ұзындықтары 4861 , 4102 , 3750 \AA

349. Айдаһардың β және γ жұлдыздары эклиптиканың солтүстік полюсіне жақын орналасқан. Бірінші жұлдыз спектрінде толқын ұзындықтары $\lambda=5168 \text{ \AA}$ және $\lambda=4384 \text{ \AA}$ тең темір сызықтары күлгін шекараға $0,34 \text{ \AA}$ мен $0,29 \text{ \AA}$ -ге жылжыған, ал екінші жұлдызда $0,47 \text{ \AA}$ мен $0,40 \text{ \AA}$ ге жылжыған. Жұлдыздардың сәулелік жылдамдығын табу керек.

350. Бақылау түнінде Күннің эклиптикалық бойлығы Канопус (α Килия) жұлдызының эклиптикалық бойлығына жақын болды, ал $E(5270 \text{ \AA})$ және $G(4326 \text{ \AA})$ темірдің жұтылу сызығы жұлдыз спектрограммасында сәйкесінше қызыл шекараға $0,018 \text{ мм}$ және $0,020 \text{ мм}$ -ге жылжыған, спектрограмма дисперсиясы бірінші аймақта 20 \AA/мм және екінші аймақта 15 \AA/мм -ге тең. Канопус жұлдызының сәулелік жылдамдығын табыңыз.

351. Вега(α Лира) жұлдызының спектрі алынған түні оның эклиптикалық бойлығы Күннің эклиптикалық бойлығынан 180° айырмашылықта болды, және сутегінің $H_\beta(4861\text{\AA})$ мен $H_\gamma(4102\text{\AA})$ жұтылу сызығы спектрограмманың күлгін шегіне $0,025$ мм және $0,0380$ мм-ге ығысқан. Бұл аймақтардағы сызықтардың орналасу дисперсиясы $10\text{\AA}/\text{мм}$ мен $5\text{\AA}/\text{мм}$ -ге тең. Вега жұлдызының сәулелік жылдамдығын анықтаңыз.

352. Қандай шарттарда Жұлдыздың сәулелік жылдамдығының Күнге келтірілген сәулелік жылдамдығы түзетулері нөлге тең болады және қандай жағдайда абсолюттік мағынасы өте үлкен болады?

Жұлдыз	Еңкеюі	Жылдық параллакс	Өздік қозғалыс компоненттері	
			α бойынша	β бойынша
α Егіздер	$+32^{\circ}00'$	$0''.072$	$-0^{\circ},0130$	$-0''110$
γ Егіздер	$+16^{\circ}27'$	$0''031$	$+0,0033$	-0.146
ρ Егіздер	$+31^{\circ}53'$	$0''059$	$+0,0121$	$+0.154$
β Тазылар	$+41^{\circ}38'$	$0''108$	$-0,0629$	$+0.284$

353. Келтірілген кестедегі шамалар бойынша жұлдыздың тангенциалды жылдамдығының шамасын және позициялық бұрышын есептеңіз.

354. Параллакс және өздік қозғалысы көрсетілген жұлдыздардың тангенциалды жылдамдығын анықтаңыз: Альтаир (Қыран α -сы) $0''198$ және $0''658$, Спика (Бикештің α -сы) $0''021$ және $0''054$; ε Индейц $0''285$ және $4''69$.

355. Алдыңғы есептегі жұлдыздар үшін өздік қозғалыс компоненттерін экваториалды координаттар бойынша анықтаңыз. Өздік қозғалысының позициялық бұрышы мен еңкеюі жұлдыздардан кейін орналасқан: Альтаир (Қыран α -сы) $54^{\circ}04'$ және $8^{\circ}44'$; Спика $229^{\circ}05'$ және $-10^{\circ}54'$; ε Индейц $123^{\circ}00'$ және $-57^{\circ}00'$.

356. Қандай уақыт интервалында және қандай бағытта алдыңғы тапсырмадағы жұлдыздар диаметрі ($30'$) Ай дискісіне сыйып кетеді және бұл мезеттегі олардың экваториалды координаттары $1950,0$ координаттық сеткіде қандай болады? Дәл қазіргі уақытта дәл осы сеткідегі жұлдыздардың координаттары: Альтаир $19^{\circ}48'20^{\circ},6$ және $+8^{\circ}44'05''$; Спикада $13^{\circ}22'33^{\circ},3$ және $-10^{\circ}54'04''$; ε Индейц $21^{\circ}59'33^{\circ},0$ және $-56^{\circ}59'34''$?

357. Алдыңғы тапсырмадағы жұлдыздардың 2000 ж-ғы координаталық сеткіде экваториалды координаттары қандай болады? Олар орналасқан аймақтағы жылдық прецессия тік шарықтауға, еңкеюге қатысты (жұлдыздардың реттілігі бойынша): $+2^{\circ},88$ және $+9''$, 1 ; $+3^{\circ},16$ және $-18,7''$; $+4^{\circ}10$ және $+17''4$?

358. Ахернар (α Эридиан) жұлдызының сәулелік жылдамдығы $+19$ км/с-қа тең, жылдық параллаксы $0'',032$ және өздік қозғалысы $0'',098$ ге тең, ал Денеба (Аққудың α -сы) жұлдызының аналогиялық шамалары сәйкесінше -5 км/с, $0'',004$ және $0'',003$ ке тең. Осы жұлдыздардың кеңістіктік жылдамдығының шамаларын және бағытын анықтаңыз.

359. Процион (Кіші Арланның α -сы) жұлдызының спектрінде толқын ұзындығы 5168\AA мен 4326\AA болатын темірдің жұтылу сызығы $0,052\text{\AA}$ және $0,043\text{\AA}$ күлгін шекараға ығысқан. (Жердің жылдамдығын есептегенде) Өздік қозғалыс компоненттері тік шарықтауы бойынша $-0^{\circ},0473$ -ке еңкеюі бойынша $-1''.032$ ге тең, ал параллаксы $0'',288$. Еңкеюі $+5^{\circ}29'$ болатын Проксима жұлдызының кеңістіктегі жылдамдық шамасын және бағытын анықтаңыз.

360. Капелла (Сарбаздың α -сы) жұлдызының спектрограммасында толқын ұзындығы 4958\AA және 4308\AA болатын темірдің жұтылу сызығы қызыл шекараға $0,015$ мм ығысқан. Бұл аймақтардағы дисперсия сәйкесінше $50\text{\AA}/\text{мм}$ мен $44\text{\AA}/\text{мм}$. Жұлдыздың еңкеюі $+45^{\circ}58'$, эклиптикалық бойлығы $81^{\circ}10'$, эклиптикалық ендігі $+22^{\circ}52''$, параллаксы $0'',073$, өздік қозғалыс компоненттері $+0^{\circ},0083$ және $-0'',427$. Бақылау түнінде Күннің эклиптикалық бойлығы $46^{\circ}18'$ қа тең болды. Жұлдыздың кеңістіктегі жылдамдық шамасын және бағытын анықтаңыз.

361. Қазіргі дәуірде Вега (Лираның α -сы) жұлдызының визуалды жарықтылығы $+0^m,14$ ке, өздік қозғалысы $0'',345$ ке, параллаксы $0'',123$ -ке және сәулелік жылдамдығы -14 км/с –ке тең. Вега жұлдызымен Күннің өте жақын болған дәуірін және қашықтығын, параллаксын, өздік қозғалысын, сәулелік және тангенциалды жылдамдығын, жарқырауын табыңыз.

362. Алдыңғы есепті Талиман (Центаврдың α -сы) жұлдызы үшін шешіңіз, визуалды жарықтылығы қазіргі дәуірде $+0^m,06$, өздік қозғалысы $3'',674$, параллаксы $0'',751$ және сәулелік

жылдамдығы -25 км/с. Осы шамалар 10 мың жыл бұрын қандай болды, 10 мың жылдан кейін қандай болады?

363. Алыстағы галактикалар мен квазарлардың спектрінде қызыл шекараға ығысуы бақылануда (қызыл ығысу). Егер бұл құбылысты Доплер эффектісі ретінде қарайтын болсақ, онда сәйкесінше спектральды сызықтардың толқын ұзындықтары $0,1$, $0,5$ және 2 болатын объектілер қызыл ығысу мезетінде қандай сәулелік жылдамдыққа ие болады?

364. Алдыңғы есептің берілгені бойынша дәл осы объектілердің екі космологиялық модельде арақашықтығын анықтаңыз. Хаббл тұрақтысын 50 км/с · МПс деп алыңыз.

365. Сәулелік жылдамдығы $0,25$ пен $0,75$ жарық жылдамдығына тең галактикадан тыс объектілер спектрінде қызыл ығысуды анықтаңыз.

366. Егерде алдыңғы есепте релятивистік Доплер эффектісінің формуласын емес қарапайым эффект формуласын қолданса сәулелік жылдамдықтар айырмашылығы қандай болады?

367. Кестеде үш галактикалар жайлы мәліметтер берілген:

<i>Галактиканың белгіленуі</i>	<i>Шоқ-жұлдыз</i>	<i>Көрінетін өлшемдері</i>	<i>Көрінетін жұлдыздық шамасы</i>	<i>H пен K спектральды сызықтарының ығысуы</i>
M101	Үлкен Аю	$28' \times 28'$	$8^m,2$	6.9Å
M96	Арыстан	11×8	10.0	10.3
M88	Вероника шаштары	9×6	10.1	15.8

H және K ионизацияланған кальцийдің сызықтарының толқын ұзындығы 3968Å (H) және 3934Å (K) тең. Сәулелік жылдамдығын, сызықтық өлшемдерін, абсолютті жұлдыздық шамасын, жарқырауын табыңыз.

368. $17^m,3$ жарықтылыққа ие СТА102 квазардың спектрінде эмиссионды сызықтардың ығысуы толқын ұзындығын $1,037$ есе, ал PKS0237-23 (жарықтылығы $16^m,6$) квазардың спектрінде – $2,223$ есе асып түседі. Бұл квазарлар қандай арақашықтықта орналасқан және олардың жарқырауы неге тең? Есепті екі космологиялық модель бойынша шешіңіз.

369. Бұрышының диаметрі $0''56$, жарықтылығы $16^m.0$, ал спектр сызығы $\lambda-2798$ ионизацияланған магний спектрінде қалыпты $\lambda-3832$ ге дейін ығысқан ЗС48 квазардың арақашықтығын, сызықтық өлшемдерін және жарқырауын табыңыз.

370. Алдыңғы есепті бұрыштық диаметрі $0''.24$ және жарықтылығы $12^m.8$, эмиссионды сутегі сызығы оның спектрінде H_β ($\lambda-4861$) ден $\lambda=5640\text{\AA}$; H_γ ($\lambda-4340$) тан $\lambda=5030\text{\AA}$; H_δ ($\lambda-4102$) ден $\lambda=4760\text{\AA}$ –ге дейін ығысқан ЗС273 квазар үшін шешіңіз.

371. Көптеген квазарлардың бірінде қызыл ығысуы $3,53$ қалыпты толқын ұзындықтағы спектралды сызықтан тұрады. Квазардың сәулелік жылдамдығын және оған дейінгі арақашықтықты бағалаңыз.

ЖАУАПТАРЫ

1. 0° және 90° ; $+23^\circ 27'$ және $+66^\circ 33'$; $+66^\circ 33'$ және $+23^\circ 27'$; 90° және 0° .
2. $0^\circ 18' N$, $89^\circ 42' N$ және $12^\circ 53' N$, $77^\circ 07' N$
3. $11^\circ 13'$, $+78^\circ 47'$, 180° және 0° ; $71^\circ 20'$, $+18^\circ 40'$, 0° және 0° ; $4^\circ 52'$, $+85^\circ 08'$, 180° және 0° ; $77^\circ 41'$, $+12^\circ 19'$, 0° және 0° .
4. $89^\circ 04'$ с және $+0^\circ 56'$.
5. $179^\circ 04'$ с және $-89^\circ 04'$.
6. $\varphi = \delta = 0$; $\delta = \varphi = +45^\circ 0'$; $\delta = \varphi = -45^\circ 0'$.
7. Жауабын келесі беттегі кестеден қараңыз.
8. $\delta_2 - \delta_1$; $2\varphi - (\delta_1 + \delta_2)$; $\delta_2 - \delta_1$; $\delta_2 - \delta_1$.
9. *****
10. $180^\circ - 2\varphi$ және $180^\circ - 2\delta$.
11. $79^\circ 24'$; $97^\circ 04'$.
12. $147^\circ 10'$; $-16^\circ 25' < \varphi < +16^\circ 25'$.
13. $\varphi_2 - \varphi_1$; $|\varphi_2 + \varphi_1 - 2\delta|$; $\varphi_2 - \varphi_1$; $\varphi_2 - \varphi_1$.
14. $14^\circ 57'$; $22^\circ 01'$; $22^\circ 01'$.
15. $+62^\circ 01'$ және $27^\circ 59'$; оңтүстік нүктеде мүмкін емес; $27^\circ 69'$ және $62^\circ 01'$; оңтүстік полюс $+29^\circ 54'$ және $66^\circ 06'$; $+66^\circ 06'$ және $29^\circ 54'$; солтүстік нүктеде мүмкін емес.
16. Екі қала үшін де тәулік бойы көкжиектен жоғары тұрады.
17. Семейде тәулік бойы; Ла-Платада батады.
18. *****
19. $51^\circ 16'$ және $-70^\circ 20'$.
20. $+29^\circ 22'$ және $37^\circ 20'$.
21. $-49^\circ 14'$ және $63^\circ 41'$.
22. $\leq -40^\circ 34'$; $+27^\circ 59' > \varphi > -27^\circ 59'$; $\geq +40^\circ 34'$; $\geq +33^\circ 10'$; $27^\circ 11' > \varphi > -27^\circ 11'$; $-33^\circ 10'$.
23. $23^\circ 27'$.
24. $23^\circ 51'$.
25. $-0^\circ 48'$; Жер өсінің еңкеюінің өзгерісі.
26. Жауабын келесі беттегі кестеден қараңыз.
27. Қысқы тоқырауда $h_t = -h_v$ жазғы тоқырау кезіндегіге. Жазғы тоқырау қарсаңында Петрозаводскте-ақ түндер, Мәскеуде-жарық түндер, ал Ашхабатта-қараңғы түндер.
28. Петрозаводск 9,44:5,69:1; Москва 4,51:3,00:1; Ашхабад 2,01:1,64:1; Ашх.: Мос.: Петр.: 1,24:1,08:1; 1,67:1,19:1; 5,81:2,25:1.
29. Жауабын келесі кестеден қараңыз
30. Экватор 2,30 2,51 1,34; 1,72:1,87:1.
Тропик 2,51 2,30 1; 2,51:2,30:1
Полярлық шеңбер 1,83 1 ---; 1,83:1:---

φ	Жоғарғы кульминация			Төменгі кульминация		
	z _B	h _B	t	z _H	h _H	A
90°0'	62°09'	+27°51'	-	62°09'	+27°51'	-
66°33'	32°42' оң	+51°18' оң	0°=0'	85°36'с	+4°24с	180°
0°0'	27°51' сол	+62°09' с.	0°=0'	152°09'с	-62°09'	180°
26						
Қала	Жазағы күн тоқырауы			Күн мен түн теңелуі		
	Талтүс	Талтүн	Талтүс	Талтүн	Талтүн	Талтүс
Петрозаводск z φ=+61°47'ш	38°20'о	94°46'с	61°47'о	118°13'с	85°14'о	141°40'с
	51°40'о	-4°46'с	+28°13'	-28°13'с	+4°46'о	-51°40'
29						
Орны	Жазағы күн тоқырауы			Күн мен түн теңелуі		
	h _B	h _H	h _H	h _B	h _H	h _H
Солтүстік полюс	23°27'	+23°27'	0°35'	+0°35'	-23°27'	-23°27'
	Солтүстік полярлы шеңбер	+45°54'о	+0°35'с	+23°27'	-23°27'с	+0°35'о

Полюс 1 ----; 1:----;---

31. \angle -69,6 +21°19', \sphericalangle +67°8; \sphericalangle +74,2°, -16°43'; \sphericalangle -72°,4

32. Зенитте: 21.III және 23.IX;21VI (сол) және 22.XII (оң); 9.IV және 2.IX,27.I және 15.XI

Надирде: 21.III және 23.IX; 22.XII(сол)және 21VI(оң);1.III және 12.X;14.V және 30.VIII

33. $12^{\circ}46'$; $+77^{\circ}14'$ оң. және $-77^{\circ}14'$ сол; $+79^{\circ}19'$ сол және $-53^{\circ}47'$ сол; $+53^{\circ}47'$ оң. және $-79^{\circ}19'$ оң.

34. $+34^{\circ}08'$; $+55^{\circ}52'$ оң және $-55^{\circ}52'$ сол; $79^{\circ}19'$ оң және $-32^{\circ}25'$ сол; $+32^{\circ}25'$ оң және $-79^{\circ}19'$ сол

35. $\pm 24^{\circ}48'$ және $\pm 65^{\circ}12'$; $\pm 3^{\circ}07'$ және $\pm 86^{\circ}53'$; $\pm 82^{\circ}$ және $\pm 8^{\circ}$

36. Марс: жерге ұқсас, $+24^{\circ}48'$ -тан $-24^{\circ}48'$ -қа дейін

Юпитер: жерге ұқсас, $+3^{\circ}07'$ -тан $-3^{\circ}07'$ -қа дейін

Уран: жерге қарама қарсы, $+82^{\circ}$ -тан -82° -қа дейін

37. Экватор: 7,19:1; Пол.шеңбер: 3,58:1; Тропик 1:7,19.

Полярлы күн мен түн $+8^{\circ} \leq \varphi \leq +90^{\circ}$ аймақта; зенитте $0^{\circ} \leq \varphi \leq 82^{\circ}$: полюс аумақтарында 42 жылға дейін

38. $+23^{\circ}$ және $18^{\circ}, 4; \varphi < +65^{\circ}, 6$ мүмкін емес

39. 9.IV-тен 3.VII-ге дейін; 13.V-тен 31.VII-ге дейін

40. Мурманскте: 28.IV-тен 20.V-ке дейін және 24.VII-ден 15.VIII-ге дейін ; 21.V-тен 23.VII-ге дейін; 2.XII-ден 11.I-ге дейін; $+44^{\circ}28'$ оң. және $+2^{\circ}26'$ сол.

Хатанге: 18.IV-тен 8.V-ке дейін және 5.VIII-ден 24.VIII-ге дейін ; 9.V-тен 4.VIII-ге дейін; 17.XI-ден 26.I-ге дейін; $+41^{\circ}29'$ оң. және $+5^{\circ}25'$ сол.

41. Күн мен түн теңелгенде $\pm 89^{\circ}; \pm 83^{\circ}$ және $\pm 72^{\circ}$ болмайды

Жазғы тоқырау: $+65^{\circ}, 6; -67^{\circ}, 5; +59^{\circ}, 4$ және $48^{\circ}, 5$

Қысқы тоқырау: $-65^{\circ}, 6; +67^{\circ}, 5; -59^{\circ}, 4$ және $-48^{\circ}, 5$

42. $\approx 16.IV$ және $27.VIII$, $73^{\circ}, 79^{\circ}$ және $-81^{\circ}; \approx 26.V$ және $18.VII$, $+62^{\circ}, +68^{\circ}, -70^{\circ}$

43. $22^{\circ}54^{\text{M}}53^{\text{сек}}$ және $10^{\circ}54^{\text{M}}53^{\text{сек}}$

44. $1^{\circ}54^{\text{M}}25^{\text{сек}}$ және $6^{\circ}54^{\text{M}}37^{\text{сек}}$

45. $5^{\circ}07^{\text{M}}37^{\text{сек}}$ және $8^{\circ}34^{\text{M}}06^{\text{сек}}$

46. $12^{\circ}29^{\text{M}}18^{\text{сек}}$ және $15^{\circ}55^{\text{M}}47^{\text{сек}}$

47. $5^{\circ}15^{\text{M}}36^{\text{сек}} = 78^{\circ}54'$ және $-11^{\circ}27^{\text{M}}51^{\text{сек}} = -12^{\circ}32^{\text{M}}09^{\text{сек}} = 188^{\circ}02'$

48. $4^{\circ}26^{\text{M}}08^{\text{сек}}, 0^{\circ}$ және $-0^{\circ}53^{\text{M}}44^{\text{сек}}, 16^{\circ}26^{\text{M}}08^{\text{сек}}, 12^{\circ}$ және $11^{\circ}06^{\text{M}}16^{\text{сек}}$

49. $15^{\circ}19^{\text{M}}00^{\text{сек}}$ және $23^{\circ}49^{\text{M}}04^{\text{сек}} = -0^{\circ}10^{\text{M}}56^{\text{сек}}$

50. $6^{\circ}36^{\text{M}}38^{\text{сек}}$ және $8^{\circ}12^{\text{M}}34^{\text{сек}}$

51. $17^{\circ}53^{\text{M}}01^{\text{сек}}$ және $4^{\circ}31^{\text{M}}06^{\text{сек}}, 0^{\circ}27^{\text{M}}10^{\text{сек}}$ және $11^{\circ}05^{\text{M}}15^{\text{сек}}$

52. $2^{\circ}53^{\text{M}}12^{\text{сек}}$ және $14^{\circ}53^{\text{M}}12^{\text{сек}}, 5^{\circ}20^{\text{M}}0^{\text{сек}}$ және $17^{\circ}20^{\text{M}}0^{\text{сек}}$

53. $1^{\circ}46^{\text{M}}18^{\text{сек}} = 26^{\circ}34', 5$ және $10^{\circ}34^{\text{M}}22^{\text{сек}} = 158^{\circ}35, 5'$

54. $21^{\circ}38^{\text{M}}37^{\text{сек}}, 9^{\circ}38^{\text{M}}37^{\text{сек}}$ және $2^{\circ}03^{\text{M}}53^{\text{сек}}$

55. $+2^{\text{M}}52^{\text{сек}}$ және $16^{\circ}50^{\text{M}}32^{\text{сек}}$

56. $-19^{\text{M}}13^{\text{сек}}, -18^{\text{M}}01^{\text{сек}}, +1^{\text{M}}12^{\text{сек}}$ және $+3^{\text{сек}}$

57. $14^{\circ}40^{\text{M}}24^{\text{сек}}$ және $2^{\circ}40^{\text{M}}00^{\text{сек}}$

58. $11^{\circ}35^{\text{M}}34^{\text{сек}}$; $11^{\circ}52^{\text{M}}06^{\text{сек}}$ және $12^{\circ}52^{\text{M}}06^{\text{сек}}, 16^{\circ}10^{\text{M}}43^{\text{сек}}$; $16^{\circ}52^{\text{M}}06^{\text{сек}}$ және $17^{\circ}52^{\text{M}}06^{\text{сек}}$

59. $16^{\circ}17^{\text{M}}04^{\text{сек}}$; $16^{\circ}04^{\text{M}}08^{\text{сек}}$ және $17^{\circ}04^{\text{M}}08^{\text{сек}}, 17^{\circ}55^{\text{M}}30^{\text{сек}}$; $19^{\circ}04^{\text{M}}08^{\text{сек}}$ және $20^{\circ}04^{\text{M}}08^{\text{сек}}$

60. $-18^{\text{M}}58^{\text{сек}}$ және $+41^{\text{M}}02^{\text{сек}}$

61. Бакуде: T_d, T_λ және T_n ; Новосибирскте: T_d, T_n және T_λ ;

62. Ростовта: $12^{\circ}12^{\text{M}}$, $12^{\circ}33^{\text{M}}$ және $13^{\circ}33^{\text{M}}; 0^{\circ}12^{\text{M}}$, $0^{\circ}33^{\text{M}}$ және $1^{\circ}33^{\text{M}}$
 $11^{\circ}45^{\text{M}}$, $12^{\circ}06^{\text{M}}$ және $13^{\circ}06^{\text{M}}; 23^{\circ}45^{\text{M}}$, $0^{\circ}06^{\text{M}}$ және $1^{\circ}06^{\text{M}}$
Оренбургта: $12^{\circ}12^{\text{M}}$, $12^{\circ}31^{\text{M}}$ және $13^{\circ}31^{\text{M}}; 0^{\circ}12^{\text{M}}$, $0^{\circ}31^{\text{M}}$ және $1^{\circ}31^{\text{M}}$
 $11^{\circ}45^{\text{M}}$, $12^{\circ}04^{\text{M}}$ және $13^{\circ}04^{\text{M}}; 23^{\circ}45^{\text{M}}$, $0^{\circ}04^{\text{M}}$ және $1^{\circ}04^{\text{M}}$
63. Киевте: $14^{\circ}34^{\text{M}}$, $14^{\circ}32^{\text{M}}$ және $15^{\circ}32^{\text{M}}$; Хабаровскте: $21^{\circ}32^{\text{M}}$, $21^{\circ}32^{\text{M}}$
және $22^{\circ}32^{\text{M}}$
64. $17^{\circ}03^{\text{M}}$ и $14^{\circ}03^{\text{M}}$ (Татар АССР-і қалыпты белдеулі уақытта өмір сүреді).
65. Краснодарда – белдеулі уақыт: 18 қараша $23^{\circ}38^{\text{M}}$, 5 және 19 қараша
 $3^{\circ}08^{\text{M}}$, 2; Иркутскте – декреттік уақыт: 19 қараша
 $4^{\circ}38^{\text{M}}$, 5 и $8^{\circ}08^{\text{M}}$, 2; Ташкентте – декреттік уақыт:
19 қараша $2^{\circ}38^{\text{M}}$, 5 и $6^{\circ}08^{\text{M}}$, 2.
66. 21 маусым $21^{\circ}38^{\text{M}}$; 22 маусым $2^{\circ}38^{\text{M}}$; 22 маусым $0^{\circ}38^{\text{M}}$.
67. $-1^{\circ}32^{\text{M}}$, -12° и $19^{\circ}12^{\text{M}}$; $-3^{\circ}40^{\text{M}}$, $-2^{\circ}12^{\text{M}}$ и $21^{\circ}12^{\text{M}}$.
68. Мәскеулік уақыт: $9^{\circ}20^{\text{M}}$, $12^{\circ}45^{\text{M}}$ и $3^{\circ}25^{\text{M}}$.
69. Мәскеулік уақыт: $13^{\circ}40^{\text{M}}$, $16^{\circ}20^{\text{M}}$, $2^{\circ}40^{\text{M}}$.
70. $+48^{\circ}20'$ и $+63^{\circ}06'$; $+63^{\circ}26'$ и $+48^{\circ}20'$; $+58^{\circ}28'$ и $+49^{\circ}08'$;
 $-47^{\circ}51'$ и $-59^{\circ}46'$.
71. $-8^{\circ}26'$ и $+74^{\circ}22'$.
72. $+28^{\circ}19'$ и $-66^{\circ}38'$.
73. $+45^{\circ}58'$.
74. $+57^{\circ}19'$ и $-29^{\circ}54'$,
75. $-48^{\circ}53'$ и $+41^{\circ}42'$.
76. $18^{\circ}53^{\text{M}}37^{\text{C}}$ и $20^{\circ}18^{\text{M}}45^{\text{C}}$.
77. $23^{\circ}01^{\text{M}}21^{\text{C}}$ и $0^{\circ}05^{\text{M}}48^{\text{C}}$.
78. $6^{\circ}08^{\text{M}}18^{\text{C}}$ и $+23^{\circ}57'$; жазғы тоқырауы нүктеге жақын.
79. $1^{\circ}33^{\text{M}}12^{\text{C}}$ и $+8^{\circ}07'$.
80. 1 мамыр: $2^{\circ}34^{\text{M}}$, 7 және $+15^{\circ}10'$; 11 тамыз: $9^{\circ}25^{\text{M}}$, 3 және $+15^{\circ}10'$;
21 қараша: $21^{\circ}47^{\text{M}}$, 8 және $-19^{\circ}59'$; 21 қаңтар: $20^{\circ}12^{\text{M}}$, 2 және $-19^{\circ}59'$,
81. $4^{\circ}46^{\text{M}}47^{\text{C}}$ және $+22^{\circ}23'$; $4^{\circ}33^{\text{M}}03^{\text{C}}$ және $+16^{\circ}25'$.
82. $14^{\circ}08^{\text{M}}37^{\text{C}}$ және $-13^{\circ}00'$; $14^{\circ}14^{\text{M}}31^{\text{C}}$ және $+19^{\circ}19'$.
83. $+48^{\circ}30'$.
84. $+38^{\circ}35'$, $-8^{\circ}15'$ и $+49^{\circ}41'$.
85. $4^{\circ}26^{\text{M}}30^{\text{C}} = 66^{\circ}37', 5$.
86. $-5^{\circ}44^{\text{M}}36^{\text{C}} = -75^{\circ}09', 0$ және $+43^{\circ}48'$.
87. $5^{\circ}44^{\text{M}}05^{\text{C}}$ және $+69^{\circ}35'$.
88. $4^{\circ}27^{\text{M}}42^{\text{C}}$ және $+41^{\circ}40'$.
89. $-1^{\circ}53^{\text{M}}$, 8 = $-28^{\circ}27'$ және $+37^{\circ}38'$; 26–27 маусым, Азор аралдарының
маңында.
90. $23^{\circ}56^{\text{M}}04^{\text{C}}$ және $11^{\circ}58^{\text{M}}02^{\text{C}}$.
91. $\Delta S = 8^{\circ}42^{\text{M}}43^{\text{C}} \rightarrow \Delta T = 8^{\circ}41^{\text{M}}17^{\text{C}}$; $\Delta S_1 = 24^{\circ} \rightarrow \Delta T_1 = 23^{\circ}56^{\text{M}}04^{\text{C}}$;
 $\Delta S_2 = 15^{\circ}17^{\text{M}}17^{\text{C}} \rightarrow \Delta T_2 = 15^{\circ}14^{\text{M}}47^{\text{C}}$; (γ Орионнан кейін).
92. $11^{\circ}01^{\text{M}}22^{\text{C}}$ және $14^{\circ}16^{\text{M}}50^{\text{C}}$.
93. $17^{\circ}22^{\text{M}}38^{\text{C}}$, $5^{\circ}22^{\text{M}}38^{\text{C}}$, $18^{\circ}35^{\text{M}}58^{\text{C}}$ және $11^{\circ}39^{\text{M}}48^{\text{C}}$.
94. 8 ақпан: $9^{\circ}14^{\text{M}}$, $9^{\circ}47^{\text{M}}$ және $8^{\circ}47^{\text{M}}$; 1 қыркүйек: $22^{\circ}32^{\text{M}}$, $23^{\circ}05^{\text{M}}$
және $22^{\circ}05^{\text{M}}$.

- 95.** Сириус: 1 немесе 2 қаңтар және 1 немесе 2 шілде.
Антарес: 26 мамыр 27 қараша маңында.
- 96.** $14^{\circ}41^{\text{M}}09^{\text{C}}$ және $17^{\circ}05^{\text{M}}33^{\text{C}}$.
- 97.** $19^{\circ}36^{\text{M}}52^{\text{C}}$, $20^{\circ}07^{\text{M}}14^{\text{C}}$ және $19^{\circ}07^{\text{M}}04^{\text{C}}$; $7^{\circ}34^{\text{M}}54^{\text{C}}$, $8^{\circ}05^{\text{M}}16^{\text{C}}$ және $7^{\circ}05^{\text{M}}06^{\text{C}}$.
- 98.** $9^{\circ}04^{\text{M}}29^{\text{C}}$, $9^{\circ}15^{\text{M}}57^{\text{C}}$ және $8^{\circ}15^{\text{M}}47^{\text{C}}$; $21^{\circ}02^{\text{M}}31^{\text{C}}$, $21^{\circ}13^{\text{M}}59^{\text{C}}$ және $20^{\circ}13^{\text{M}}49^{\text{C}}$; $9^{\circ}03^{\text{M}}56^{\text{C}}$, $8^{\circ}37^{\text{M}}02^{\text{C}}$ және $7^{\circ}36^{\text{M}}52^{\text{C}}$; $21^{\circ}01^{\text{M}}58^{\text{C}}$, $20^{\circ}35^{\text{M}}04^{\text{C}}$ және $19^{\circ}34^{\text{M}}54^{\text{C}}$.
- 99.** $16^{\circ}40^{\text{M}}14^{\text{C}}$ және $4^{\circ}41^{\text{M}}44^{\text{C}}$.
- 100.** α Андромедалар: $15^{\circ}59^{\text{M}}57^{\text{C}}$ және $0^{\circ}08^{\text{M}}59^{\text{C}}$; β Льва: $4^{\circ}19^{\text{M}}14^{\text{C}}$ және $12^{\circ}28^{\text{M}}16^{\text{C}}$.
- 101.** Бетельгейзе: $12^{\circ}42^{\text{M}}45^{\text{C}}$ және $21^{\circ}35^{\text{M}}00^{\text{C}}$; Спика: $5^{\circ}12^{\text{M}}40^{\text{C}}$ және $14^{\circ}04^{\text{M}}55^{\text{C}}$.
- 102.** Поллукс: $22^{\circ}20^{\text{M}}48^{\text{C}}$ және $16^{\circ}34^{\text{M}}48^{\text{C}}$; Арктур: $16^{\circ}52^{\text{M}}49^{\text{C}}$ және $11^{\circ}06^{\text{M}}49^{\text{C}}$.
- 103.** Капелла: 22 наурызда, $5^{\circ}13^{\text{M}}00^{\text{C}}$, $17^{\circ}15^{\text{M}}10^{\text{C}}$, $17^{\circ}05^{\text{M}}10^{\text{C}}$ және $18^{\circ}05^{\text{M}}10^{\text{C}}$;
 $17^{\circ}13^{\text{M}}00^{\text{C}}$; $5^{\circ}17^{\text{M}}08^{\text{C}}$; $5^{\circ}07^{\text{M}}08^{\text{C}}$ және $6^{\circ}07^{\text{M}}08^{\text{C}}$; 22 шілдеде,
 $5^{\circ}13^{\text{M}}00^{\text{C}}$, $11^{\circ}13^{\text{M}}27^{\text{C}}$, $11^{\circ}03^{\text{M}}27^{\text{C}}$ және $12^{\circ}03^{\text{M}}27^{\text{C}}$,
 $17^{\circ}13^{\text{M}}00^{\text{C}}$, $23^{\circ}15^{\text{M}}25^{\text{C}}$ және $23^{\circ}05^{\text{M}}25^{\text{C}}$ (көрсетілген уақыт басталар алдында) немесе $23^{\circ}11^{\text{M}}29^{\text{C}}$ және $23^{\circ}01^{\text{M}}29^{\text{C}}$ (көрсетілген уақытта) және $0^{\circ}05^{\text{M}}25^{\text{C}}$.
Вега: 22 наурызда, $18^{\circ}35^{\text{M}}15^{\text{C}}$, $6^{\circ}39^{\text{M}}10^{\text{C}}$, $6^{\circ}29^{\text{M}}10^{\text{C}}$ және $7^{\circ}29^{\text{M}}10^{\text{C}}$;
 $6^{\circ}35^{\text{M}}15^{\text{C}}$, $18^{\circ}37^{\text{M}}12^{\text{C}}$, $18^{\circ}27^{\text{M}}12^{\text{C}}$ және $19^{\circ}27^{\text{M}}12^{\text{C}}$; 22 маусым,
 $18^{\circ}35^{\text{M}}15^{\text{C}}$, $0^{\circ}33^{\text{M}}30^{\text{C}}$, $0^{\circ}23^{\text{M}}30^{\text{C}}$ және $1^{\circ}23^{\text{M}}30^{\text{C}}$; $6^{\circ}35^{\text{M}}15^{\text{C}}$,
 $12^{\circ}31^{\text{M}}32^{\text{C}}$, $12^{\circ}21^{\text{M}}32^{\text{C}}$ және $13^{\circ}21^{\text{M}}32^{\text{C}}$.
- 104.** Сириус: $1^{\circ}46^{\text{M}}18^{\text{C}}$ и $13^{\circ}11^{\text{M}}22^{\text{C}}$; Альтаир: $14^{\circ}49^{\text{M}}33^{\text{C}}$ және $2^{\circ}18^{\text{M}}33^{\text{C}}$.
- 105.** $4^{\circ}52^{\text{M}}31^{\text{C}}$ және $13^{\circ}37^{\text{M}}24^{\text{C}}$; $5^{\circ}19^{\text{M}}37^{\text{C}}$ және $14^{\circ}04^{\text{M}}30^{\text{C}}$.
- 106.** $6^{\circ}57^{\text{M}}48^{\text{C}} = 104^{\circ}27',0$ және $11^{\circ}17^{\text{M}}36^{\text{C}} = 169^{\circ}24',0$.
- 107.** $A = 140^{\circ}11'$ және $2 = 16^{\circ}01'$; $A = -30^{\circ}54'$ және $2 = 77^{\circ}58'$.
- 108.** 15 сәуірде, $A = -85^{\circ}42'$ және $z = 63^{\circ}01'$; $A = -51^{\circ}20'$ және $z = 87^{\circ}09'$;
20 тамызда, $A = 748^{\circ}28'$ және $z = 50^{\circ}07'$; $A = +70^{\circ}11'$ және $z = 95^{\circ}06'$.
- 109.** Уран: $A = -7^{\circ}36'$ және $z = 52^{\circ}56'$; Нептун: $A = -45^{\circ}42'$ және $z = 76^{\circ}26'$.
- 110.** $\varphi = \pm 68^{\circ}20'$ әрқашан көкжиектен жоғары. $\varphi = +37^{\circ}45'$
 $S = 22^{\circ}41^{\text{M}},5$, $6^{\circ}00^{\text{M}},0$ және $13^{\circ}18^{\text{M}},5$, $\Delta S = 14^{\circ}37^{\text{M}}$; 22 наурызда
 $T_{\text{д}} = 11^{\circ}45^{\text{M}}$, $19^{\circ}02^{\text{M}}$ және $26^{\circ}19^{\text{M}} = 2^{\circ}19^{\text{M}}$ (23.III), $\Delta T = 14^{\circ}34^{\text{M}}$;
22 маусым $T_{\text{д}} = 5^{\circ}43^{\text{M}}$, $13^{\circ}00^{\text{M}}$ және $20^{\circ}17^{\text{M}}$, $\Delta T = 14^{\circ}34^{\text{M}}$.
- 111.** $\varphi = +68^{\circ}59'$ Кастор батпайды, Антарес атпайды.
 $\varphi = +37^{\circ}45'$ Кастор 15 сәуірде: $226^{\circ}41'$ және $11^{\circ}03^{\text{M}}$; 0° и
 $19^{\circ}05^{\text{M}}$; $133^{\circ}19'$ және $3^{\circ}08^{\text{M}}$; 180° және $7^{\circ}07^{\text{M}}$; 15 қазанда: азимуты –
Сол қалпы; $23^{\circ}04^{\text{M}}$, $7^{\circ}06^{\text{M}}$, $15^{\circ}08^{\text{M}}$ және $19^{\circ}04^{\text{M}}$ Антарес, 15 сәуірде:
 $303^{\circ}34'$ и $23^{\circ}30^{\text{M}}$; 0° и $4^{\circ}03^{\text{M}}$; $56^{\circ}26'$ және $8^{\circ}36^{\text{M}}$; 180° және $16^{\circ}01^{\text{M}}$;
15 қазанда: азимуты –

- Сол қалпы; $11^{\circ}27^{\text{M}}$, $15^{\circ}59^{\text{M}}$, $20^{\circ}32^{\text{M}}$ және $3^{\circ}57^{\text{M}}$.
- 112.** $\varphi = +59^{\circ}57'$, күн мен түн теңесу: $268^{\circ}32'$ және $6^{\circ}25^{\text{M}}$; $0'$ және $12^{\circ}31^{\text{M}}$; $91^{\circ}28'$ және $18^{\circ}38^{\text{M}}$; $+30^{\circ}03'$ және $-30^{\circ}03'$; $12^{\circ}14^{\text{M}}$. Жазғы күн атыс: $254^{\circ}52'$ и $3^{\circ}00^{\text{M}}$; 0° және $12^{\circ}25^{\text{M}}$; $145^{\circ}08'$ және $21^{\circ}51^{\text{M}}$; $+53^{\circ}30'$ и $-6^{\circ}36'$ (ақ түн); $18^{\circ}52^{\text{M}}$. Қысқы күн атыс: $320^{\circ}17'$ и $9^{\circ}25^{\text{M}}$; 0° және $12^{\circ}20^{\text{M}}$; $39^{\circ}43'$ және $15^{\circ}18^{\text{M}}$; $+6^{\circ}36'$ және $-53^{\circ}30'$; $5^{\circ}53^{\text{M}}$. $\varphi = +69^{\circ}18'$ күн мен түн теңескенде: $267^{\circ}45'$ және $7^{\circ}04^{\text{M}}$; 0° және $13^{\circ}14^{\text{M}}$; $92^{\circ}15'$ және $19^{\circ}23^{\text{M}}$; $+20^{\circ}42'$ және $-20^{\circ}42'$; $12^{\circ}19^{\text{M}}$.
- 21.** $VI\delta > (90^{\circ} - \varphi)$, батпайды; $+44^{\circ}09'$ и $+2^{\circ}45'$, орташа рефракция ескерегенде $+3^{\circ}00'$ (полярылы күн); $22XII \delta < -(90^{\circ} - \varphi)$, атпайды; $-2^{\circ}45'$ (ымырт) ни $-44^{\circ}09'$ (полялытүн).
- 113.** $17^{\circ}07^{\text{M}}$, 8 және $-8^{\circ}11'$; $16^{\circ}33^{\text{M}}$, 1 және $+11^{\circ}10'$.
- 114.** Сириус в $8^{\circ}43^{\text{M}}$; регул в $17^{\circ}27^{\text{M}}$; Капелла в $19^{\circ}01^{\text{M}}$,
- 115.** 9,02 а. е. және 10,06 а. е.; 29,83 а. е. және 30,31 а. е.
- 116.** 29,83 а. е. және 29,52 а. е., Плутон – жақынырақ.
- 117.** $v = \arccos(-e)$.
- 118.** 0,093 и 1,38 а. е.; 0,777 және 0,44 а. е. Адонис – жақынырақ,
- 119.** 1,081 а. е. және 1,975 а. е.; 3,930 а, е. және 4,641 а. е.
- 120.** 225 күн және 5,458 жыл.
- 121.** 1,81 жыл және 919 жыл.
- 122.** 342,55 және 75,15.
- 123.** 185,310 км және 526,7.103 км.
- 124.** 0,017; перигелий және афелий.
- 125.** 0,158, 2,056 а. е. және 2,828 а. е.; 0,132, 2,716 а. б. және 3,542 а. е.
- 126.** 1,467 а. е. және 0,533 а. е.; 2,666 а. с. және 0,382 а. е.
- 127.** $23^{\circ}12''$ ден $19^{\circ}16''$ дейін.
- 128.** 0,017, 0,983 а. е. және 1,017 а. е.; 1,07; 1,09, 1,67 және 7,04.
- 129.** 6,80 км/с және 4,74 км/с.
- 130.** 28,7 км/с, 17,9 км/с және 13,0 км/с.
- 131.** $\vartheta = \arccos(-e)$.
- 132.** 2,734 а.е. и 3,102 а.е.
- 133.** 88^{D} ; 0,387 а.е; 0,206; 0,467 а.е; 1,467 а.е; 0,533 а.е; 47,9 км/с; 2,31; 29,53 года; 9,554 а.е; 0,055; 10,079 а.е; 11,079 а.е; 8,024 а.е; 9,63 км/с; 1,25.
- 134.** 3 сәуір 1974 ж. және 12 маусым 1975 ж.
- 135.** 6 желтоқсан 1975 г. және 2 ақпан 1976 ж.
- 136.** 341° және 16°
- 137.** 266° және 112°
- 138.** 8 қазан 1975 ж. және 22 сәуір 1975 ж.
- 139.** 20 маусым 1976 ж.
- 140.** 5 сәуір 1977 ж.
- 141.** 19 мамыр 1975 ж.
- 142.** 2 желтоқсан 1980 ж. жуығында
- 143.** 0° ; 62° ; 0° ; 180° ; 0°
- 144.** $v_{\text{II}} = 30,3$ км/с
 $v_{\text{a}} = 29,63$ км/с

145. $r_{\gamma} = 152,11 * 10^6 \text{ км}$
 $r_{\kappa} = 147,08 * 10^6 \text{ км}$
146. 1978 жыл. 23 тамыз 5сағ. 30мин. 22 секундка тең
147. 6371 км және $\approx 1/300$
148. $41,40 * 10^6 \text{ км}$, $149,6 * 10^6 \text{ км}$ және 8,794
149. $149,6 * 10^6 \text{ км}$ және $8'', 794$
150. $57'02'', 61'31'', 53'55''$
151. $33'31''$ және $29'22''$
152. 381 860 км және 0,0634; 382 140 км және 0,0641
153. $79,80 * 10^6 \text{ км}$ және 0,206
154. $22,58 * 10^6 \text{ км} = 0,151 \text{ а.е.}$, $1,458 \text{ а.е}$ және 0,222
155. $0'', 48, 0'', 51$ және $0'', 46$; $0'', 302, 0'', 305$ және $0'', 300$
156. $8'', 943$ бастап $8'', 650$ дейін
157. 1736 км
158. 71 400 км, 69 900 км, 67 000 км және $\approx 1/16$; 60 000 км, 58 000 км, 54 200 км $\approx 1/10$
159. 30 500 км шамалас $5 * 10^6 \text{ км}$
160. 109,1 немесе 696 000 км, 570 км және 17 200 км
161. $421,8 * 10^3 \text{ км}$, $670,9 * 10^3 \text{ км}$, $1070 * 10^3 \text{ км}$ және $1882 * 10^3 \text{ км}$
162. 9400 км және 23 500 км
163. $0'', 549 \text{ с}^{-1} = 2,66 * \frac{10^{-6} \text{ рад}}{\text{с}}$; $4,62 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $4,00 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ және $2,31 \text{ м/с}$
164. $0', 610 \text{ с}^{-1} = 36'', 6 \text{ с}^{-1}$ және $12,7 \frac{\text{км}}{\text{с}}$; $0', 605 \text{ с}^{-1} = 36'', 3 \text{ с}^{-1}$, $10,6 \text{ км/с}$ және $6,13 \text{ км/с}$
165. $24^{\text{сағ}} 37^{\text{м}}, 4 = 24^{\text{сағ}} 37^{\text{м}} 24^{\text{с}}$; 241 м/с, 226 м/с және 155 м/с
166. $60^0, 0; 75^0, 5; 82^0, 8$
167. $176^{\text{күн}}$ және $29^{\text{күн}}, 53$
168. $23^{\text{сағ}} 52^{\text{м}}, 2; 25^{\text{күн}}, 42; 35^{\text{күн}}, 2$
169. $117^{\text{күн}}$ және 8,24 жыл = $13,37 * \text{T}$
170. 35,02 және 49,52; 29,78 және 42,11; 13,06 және 18,47; 4,74 және 6,70 (бәрі – км/с)
171. 15,2 және 11,3; 13,4 және 12,8 (км/с); 2,27 а.е
172. 47,9, 59,0 және 38,9; 24,1, 26,5 және 21,9 (км/с)
173. 0; 36,4; 13,5; 13,9 (км/с)
174. Лидия: 18,0, 19,5 және 16,7 (км/с); 18,0 және 25,4; 18,8 және 26,6; 17,4 және 24,6 (км/с). Адонис: 21,2, 60,0 және 7,5 (км/с); 21,2 және 30,0; 45,1 және 63,8; 15,9 және 22,5 (км/с)
175. 0,327 а.е және 0,440 а.е
176. 26,48 км/с; 25,33 және 35,82 (км/с)
177. 30,55 км/с; 27,75 және 39,24 (км/с)
178. 0,42 а.е
179. $v_q = 160 \frac{\text{км}}{\text{с}} > v_n = 159 \frac{\text{км}}{\text{с}}$, гипербола бойымен; $v_q = 36.5 \text{ км/с} < v_n = 37.9 \text{ км/с}$, эллипс бойымен, $\text{T} = 26.7 \text{ жыл}$
180. 4,356 жыл; 2,667 а.е; 0,115; 2,360 а.е; 2,974 а.е; 18,24 км/с және 16,24 км/с

181. 3,19 а. е; 5,70 жыл; 1,21 жыл = 442^{күн}; 18,29; 18,10; 16,83 және 16,01 (км/с)
182. 0,107
183. 14,7
184. 333 000
185. 22^{сар}, 6 және 14,3 км/с; 550^{күн} және 1,71 км/с
186. 14,6 және 14,0 км/с; 14,4 және 20,4; 14,2 және 20,0 км/с, 2,02 және 1,45 км/с; 1,87 және 2,64; 1,58 және 2,23 км/с
187. 421,7 * 10³ км және 17,3 км/с; 1883 * 10³ км и 8,18 км/с
188. $k^3 : n^2$ және k
189. 8 есе үлкен; 243^н и 10,42 жыл
190. 38,63 тәулік
191. 7,91 және 11,2; 5,59 және 7,91; 2,64 және 3,73; 1,02 және 1,44 км/с
192. 1,02; 1,08 және 0,97 км/с
193. 437 және 618. 218 және 309; 146 және 206 км/с
194. 1,68 және 2,38; 7,32 және 10,4; 3,54 және 5,00 км/с
195. 6,46 км/с және 2^{сар}35^м, 5; 4,57 км/с и 7^{сар}18^м
196. 2,89 км/с және 3^{сар}05^м; 2,04 км/с және 8^{сар}43^м; 34,9 км/с және 5^{сар}13^м; 24,7 км/с және 14^{сар}45^м
197. $m \sqrt{\frac{m}{n}}$ және m ; $\sqrt{\frac{n}{m}}$ және 1
198. 280 км және 7,74 км/с; 2980 км және 6,53 км/с; 4190 км және 6,14 км/с
199. 35790 км және 3,07 км/с
200. 17000 км және 1,45 км/с; 89600 км және 28,2 км/с
201. Жердікі: 7,79 км/с және 1^{сар}28^м, 3; 7,35 км/с және 1^{сар}45^м; Айдікі: 1,59 км/с және 2^{сар}07^м; 1,34 км/с және 3^{сар}34^м; Марстікі: 3,44 км/с және 1^{сар}50^м; 3,11 км/с және 2^{сар}28^м; Юпитердікі: 42,1 км/с және 2^{сар}58^м; 41,8 км/с және 3^{сар}01^м
202. 30⁰, 53 және 229⁰ батысқа қарай; мүмкін емес және 1⁰, 20 батысқа қарай; 0⁰, 10 және 4⁰, 30 шығысқа қарай (жерлік есеп бойынша)
203. эллипспен: $\alpha = 12760$ км, $e = 0.485$, $T = 240^m$; гиперболамен; планетаға құлайды
204. 301 км және 2,94 км/с, 630 км және 3,34 км/с; 724 км және 7,26 км/с, 1534 км және 8,28 км/с
205. 0,435 және 0,565; 0,252 және 0,748
206. 44^м, 8 және 44^м, 9; 55^м және 11^ч22^м
207. 0,0123 және 0,0132
208. 1,58, 1,71 и 1,46 км/с; 1,65, 1,69 и 1,61 км/с
209. 0,108 и 0,107
210. 0,814
211. 6625 км; 0,011; 89^м, 4; 7,76, 7,85 и 7,68 км/с; 44^м, 1 и 45^м, 3
212. 26 170 км; 0,737; 11^ч42^м; 3,90, 10,02 и 1,52 км/с; 55^м и 10^ч47^м
213. 22 240 км; 0,868; 39^ч, 5; 0,98, 3,68 и 0,26 (км/с); 1^ч, 2 и 38^ч, 3 91 100 км; 0,212; 4^ч16^м; 37,3, 46,3 и 30,1 км/с 93^м и 163^м
214. 27 000 км; 0,741; 40 620 км; 9,94 и 1,48 км/с; $\approx 1^ч$ и 11^ч, 3
215. $a=1880$ км, $q=1780$ км, $Q=1980$ км, $h_q=43$ км, $e = 0,053$,

- $v_a = 1.61 \text{ км/с}$, $v_q = 1.70 \text{ км/с}$, $v_Q = 1.53 \text{ км/с}$, $t = 57^M$ және $\tau = 65^M$.
- 216.** 1,262 а. е. ; 0,208; 0,708 жыл = 258 тәул.; 11,6 км/с.
- 217.** 94^0 , 1 күннен батысқа қарай.
- 218.** 5,6 км/с, 37^0 , 6 шығысқа қарай.
- 219.** 2 жыл 8 ай = 974 тәул.
- 220.** 0,862 а. е. ; 0,161; 0,400 жыл = 146 күн; 11.5 км/с; шығысқа кеңеюі 45^0 , 5; Жерге: 10,8 км/, Жерден қарағанда шығысқа кеңеюі 98^0 , 3
- 221.** Синолиялық кезең арқылы.
- 222.** 3,70, 8,86 және 0,46 м/с²
- 223.** 6 есе.
- 224.** 273 және 11,3 м/с²
- 225.** 2,45, 1,09 және 0,93, 0,41 м/с²
- 226.** $\sqrt[3]{mn^2}$ және m
- 227.** 0,59 см/с²
- 228.** 0,59 см/с²
- 229.** 0,27 см/с²
- 230.** 0,27 см/с², ал Күннің тартылыс өрісінде 0,59 см/с².
- 231.** m : n^2 және m^{-1}
- 232.** 2,71 ден 628 см/с²ге дейін;
- 233.** 0,18 ден 8,11 м/с² ге дейін (45 есе);
- 234.** 0,93 см/с² ден 8,21 м/с²(879 есе);
- 235.** 75 см/с² және 3,76 см/с².
- 236.** Жер центрінен 4660 км.
- 237.** Жер центрінен 343 980 км.
- 238.** 1:16; $0^{\circ}37'$; 15^m ; 750^X ; 60^X и 190^X ; 1:8; $0^{\circ}14'$; 17^m , 1; 2000^X (қабылданбайды), 170^X және 500^X .
- 239.** 1) 38^X және $53'$; 150^X және $53'$; 2) 430^X және $4',6$; 1730^X (қабылданбайды) және $1'2$
- 240.** 1) 1:10; $2''$; 11^m , 3; 140^X , 12^X және 35^X ; 2) 1:10, $2''$; 11^m , 6; 160^X , 13^X және 40^X .
- 241.** 1) 25^X және $80'$; 35^X және $57'$; 70^X және $29'$; 2) 28^X және $71'$; 40^X және $50'$; 80^X және $25'$;
- 242.** 1) 371^X және $5',4$; 520^X және $3',8$; 1040^X және $1',9$ (қабылданбайды) ; $W_z=180^X$. 2) 124^X және $16',1$; 173^X және $11',5$; 346^X және $5',8$; $W_z=55^X$; Барлығы жарамды.
- 243.** $W_z=42^X$ және $W_m=500^X$. $W=250^X$ – болады. $W_z=83^X$, $W_m=1000^X$ және $W=1500^X$ болмайды.
- 244.** $0,70''$ және $0'',14$.
- 245.** $2''$ және $1'',8$.
- 246.** $1'',4$; 50^X және 20мм; $0'',16$, 438^X және 32мм.
- 247.** Екі- кез-келгеніне; үшінші- 60^X және $D=120\text{мм}$ кезінде.
- 248.** Марс пен Уран көрінеді, Нептун – аздап.
- 249.** 37^X және 30^X .
- 250.** 1) 0,36мм және 28 мм; $69'',4 \text{ мм}^{-1}$; 18900 км/мм и 124 км/мм.

- 251.** $4',3 \text{ мм}^{-1}$; $68\,000 \text{ км/мм}$ және 470 км/мм ; $0,1 \text{ мм}$ және $7,4 \text{ мм}$.
252. 344 әм ; $1:10,4$; $\xi = 1' \text{ мм}^{-1}$; 0.58 мм .
253. 80° , 115° және $1^{\circ}, 2$.
254. 135^{\times} және $14', 8$.
255. $40,5 \text{ мм}$ және $27'$; $13,5 \text{ мм}$ және $9'$
256. 650 мм ; $10,4 \text{ м}$; $1:16$; $0'', 22$; $16^m, 1$; 1300^{\times} . (қабылданбайды) и 108^{\times} ;
1', 5. 6', 2. и $18', 5$; 13° , 53^0 және 158° ; 6^0 , 25° және 74° .
257. Оптикалық $0'', 02$; радио – $124'$; $4', 2$ и $42'$.
258. $1'', 64$; $0'', 025$ және $0'', 28$.
259. $0,39$; $1,82$ және $0,11$.
260. 312^0 , 248^0 және 280^0 .
261. ≈ 6 және 32 .
262. ≈ 49 және 166 .
263. ≈ 69 .
264. $2^m, 5$; $5^m, 0$; $7^m, 5$;
265. 17 .
266. $437 \cdot 10^6$.
267. $+1^m, 25$ және $3,16$; $+0^m, 24$ және $1,25$; $-0^m, 17$ және $1:1,17$.
268. $+2^m, 40$ және $+4^m, 32$; $+0^m, 74$ және $-0^m, 20$.
269. $1,00$; $4,13$; $18,4$ және $5,86$; $1,24$, $2,94$ және $2,38$.
270. $1,69$ және $1,79$.
271. $1^m, 50$; $3^m, 01$ және $\log_{10} n$
272. $+3^m, 98$ және $+5^m 48$; $-1^m, 90$ және $-3^m, 41$.
273. $25,1$.
274. $437 \cdot 10^3$.
275. $12 \cdot 10^9$.
276. ≈ 83 және $-28^m, 84$; $21'$ және $-25^m, 86$; $49''$ және $-18^m, 80$.
277. $-9^m, 0$ және $12'$; $-5^m, 2$ және $2'$.
278. $12^m, 1$ және $13^m, 3$; $14^m, 9$ және $16^m, 1$; $15^m, 1$ және $16^m, 3$.
279. Жұлдыз тәрізді, $-4^m, 4$ және $+0^m, 2$.
280. Сириус 150 есе жарық; ϵ Змеи жарқырауы $2,68$ есе үлкен.
281. $E_1: E_2 = 14,3$; $L_1: L_2 = 685$.
282. 200 пс және 652 ж.ж. ; 27 пс және 88 ж.ж. ; $3,98 \text{ пс}$ және 13 ж.ж.
283. $0'', 004$; $0'', 048$ және $0'', 752$.
284. $9,3$; 4610 ; $1:7,6$;
285. $16,8$; $12\,940$; $1:520$.
286. $3,16$; 1 ; $3,31$.
287. 8320 және $17\,400$.
288. $\approx 80\,800$ және $61\,800$; $5,61$ және $2,45$.
289. $67\,300$; $1,3$; $13,2 \cdot 10^3$ есе кіші.
290. $32,2 \text{ пс}$ және $0'', 031$; $19,2 \text{ пс}$ және $0'', 052$; 239 пс $0'', 004$.
291. $46,6 \text{ пс}$ және $0'', 021$.
292. Екеуі де әлсіз: $2,5$ және 36 есе.
293. $+0^m, 41$.
294. $+6^m, 83$ және $7^m, 40$; $+8^m, 39$ және $+8^m, 96$; $+11^m, 29$ және $+11^m, 86$.

- 295.** $+1^m, 50; +1^m, 75; +0^m, 99$.
296. 20 000 К; 6000К; 4400 К.
297. 5750 тен 5800 К –ге дейін.
298. 4995 А (≈ 5000 А)
299. 13 600 К; 8400 К; 3000К.
300. 15 200К; 13 200К; 3900К.
301. 20 000К; 11 100 К; 6000 К; 3240 К.
302. 15 500К; 20 300К; 9100К; 5080К; 4060К; 3350К.
303. 1448, 2615, 4869, 8941, 1869, 1427, 3184, 5703, 7135, 8648 А.
304. 3,1 және 29; 1,6 және 4,3; 97 және 912 700; 45 және 89 900.
305. 53 және 147 000; 93 және 804 400; 394 және $61 \cdot 10^6$.
306. Айырмашылығы 494 есе.
307. 650; 2.1; 0.97.
308. $0'',0014$ және 38; $0'',0017$ және 23; $0'',0035$ және 42.
309. В 400; 10^4 және 25×10^4 есе.
310. 82
311. $-0^m, 05$
312. $-3^m, 0$.
313. 21 және $5,53 \times 10^{-4} \text{ г/см}^3$; 31 және $1,89 \times 10^{-4} \text{ г/см}^3$; 0,28 және $32,0 \text{ г/см}^3$.
314. 4570; 71 және 10^{-5} г/см^3 – аса алып.
12,1; 1.5 және $0,99 \text{ г/см}^3$ - бас тізбекте орналасқан жұлдыз.
 $1,78 \times 10^{-4}$; 0.012 және $\approx 900 \text{ кг/см}^3$ - ақ ергежейлі.
315. 42.8
316. 4,2
317. 2,8 және 2,1; 2,0 және 1.8; 1,10 және 1,06.
318. 1,6; 4,1 және $0,96 \text{ г/см}^3$; 1,9; 6,9 және $0,41 \text{ г/см}^3$
319. 39×10^{22} квт, $4,33 \times 10^6 \text{ тн/с}$, $374 \times 10^9 \text{ тн/тәу}$ және $136 \times 10^{12} \text{ тн/ жыл}$;
 177×10^{24} квт, $19,7 \times 10^8 \text{ тн/с}$, $17 \times 10^{13} \text{ тн/ тәу}$ және $62 \times 10^{15} \text{ тн/ жыл}$;
 454×10^{22} квт, $50,4 \times 10^6 \text{ тн/с}$, $4,35 \times 10^{12} \text{ тн/ тәу}$ және $15,9 \times 10^{14} \text{ тн/ жыл}$;
 257×10^{26} квт, $28,6 \times 10^{10} \text{ тн/с}$, $24,7 \times 10^{15} \text{ тн/тәу}$ және $90,1 \times 10^{17} \text{ тн/ жыл}$;
320. $7,35 \times 10^{12}$ жыл; $8,06 \times 10^{10}$ жыл; $1,26 \times 10^{12}$ жыл; $1,66 \times 10^9$ жыл.

321.

Жұлдыз	M_v	L_v	M_b	L_b	M	R	R^3	ρ г/см ³	T, K
Процион	+2 ^m ,68	7,0	+2 ^m ,63	6,9	1,8	2,1	9,7	0,25	6400
Жер серігі	+13,01	5,2×10 ⁻⁴	—	—	0,6	0,013	2,3×10 ⁻⁶	3,9×10 ⁵	7900

Процион – бас тізбекте орналасқан; жер серігі- ак ергежейлі.

322.

Жұлдыз	M_v	L_v	M_b	L_b	R	R^3	M	ρ г/см ³	T _{цв} , °C
α_1	+4 ^m ,71	1,06	+4 ^m ,66	1,07	1,05	1,16	,05	1,28	5870
α_2	+6,08	0,30	+5,50	0,49	1,03	1,09	0,95	1,23	4600

Екі жұлдызда бас тізбекте орналасқан.

323. $3^m, 91$
 324. $3^m, 85$.
 325. $4^m, 73$ және $4^m, 81$.
 326. $1^m, 09$.
 327. $1^m, 57$
 328. $4^m, 68^m$; $5^m, 22$ және $6^m, 79$.
 329. $25,4$; $11,5$ және $36,9 \approx 37$.
 330. $2,7$
 331. $15,2$ және $66,5$.
 332. 1 .
 333. $4,6$ және $0,9$; $2,9$ және $3,3$; $1,8$ және $1,8$; $5,3$ және $3,2$.
 334. $3,3$ кезде 22900 есе.
 335. $2,3$ кезде $1,7$; $2,3$ және $1,9$ есе
 336. $730-1010$ ға дейін $1,38$ есе ал $160-230$ дейін $1,44$ есе.
 337. $4300 K$ және $4650 K$
 338.

Көк сәулеле	ΔB	ΔL_B	Жылтырының көбеюі (бір тәулікте)	Жылытырының азаюы (бір тәулікте)
α Кіші аю	$0^m, 16$	$1,16$	$-0^m, 121$	$+0^m, 060$
ζ Егіздер	$0,80$	$2,09$	$-0,236$	$+0,118$
η Бүркіт	$1,28$	$3,25$	$-0,535$	$+0,268$
ТҮ Қалқан	$1,40$	$3,63$	$-0,380$	$+0,190$
UZ Қалқан	$1,37$	$3,53$	$-0,279$	$+0,140$

Сары сәулеле	ΔV	ΔL_V	Жылтырының көбеюі (бір тәулікте)	Жылытырының азаюы (бір тәулікте)	P, бір тәулікте
α Кіші аю	$0^m, 11$	$1,11$	$-0^m, 083$	$+0^m, 042$	$3,97$
ζ Егіздер	$0,48$	$1,56$	$-0,142$	$+0,071$	$10,15$
η Бүркіт	$0,83$	$2,15$	$-0,347$	$+0,174$	$7,18$
ТҮ Қалқан	$0,87$	$2,23$	$-0,236$	$+0,118$	$11,05$
UZ Қалқан	$0,88$	$2,25$	$-0,179$	$+0,090$	$14,74$

Нұсқау: цефеид-ға жарықтылығы шамамен екі есе тез өседі оның жарықтылығының түсуіне қарағанда.

339. Сызба үшін мәліметтер.

Жұлдыз	P	ΔV	ΔB	$\Delta(B - V)$
α Кіші аю	$3^k, 97$	$0^m, 11$	$0^m, 16$	$+0^m, 05$
η Бүркіт	$7,18$	$0,83$	$1,28$	$+0,45$
ζ Егіздер	$10,15$	$0,48$	$0,80$	$+0,32$
ТҮ Қалқан	$11,02$	$0,87$	$1,40$	$+0,53$
UZ Қалқан	$14,74$	$0,88$	$1,37$	$+0,49$

340. 3^m , 5 және 5^m , 4
341. 5750 есе, және -1^m , 88 немесе 5,65 есе
342. $1/250$ және 160×10^3 ; 1000 пс.
343. 2500 км/с.
344. $3,16 \text{ Мпс} = 10,3 \text{ ж. ж.}$; $32 \times 10^3 \text{ пс} \times 13 \times 10^3 \text{ пс}$;
 $10,5 \text{ Мпс} = 34,2 \times 10^6 \text{ ж. ж.}$; $43 \times 10^3 \text{ пс} \times 30 \times 10^3 \text{ пс}$;
345. $+40,8 \text{ км/с}$.
346. $-19,7 \text{ км/с}$.
347. Күлгіннің соңына қарай: $-0,042 \text{ мм}$ және $-0,043 \text{ мм}$.
348. 4860,2; 4101,3 және 3749,4 Å; 4861,5; 4102,4 және 3750,4 Å.
349. $-19,8 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ және $-27,3 \frac{\text{км}}{\text{с}}$.
350. $+20,6 \text{ км/с}$
351. $-13,9 \text{ км/с}$
352. $\Delta V_{\Gamma} = 0$ кезінде $\beta = \pm 90$ және $(\lambda^* - \lambda_{\odot}) = 0$ немесе 180° , $\Delta V_{\Gamma} = \pm 29,7 \text{ км/с}$ кезінде $\beta = 0$ және $(\lambda^* - \lambda_{\odot}) = \pm 90^\circ$
353. 13.0 км/ және 236° , 2 ; 10.1 км/с және 134° , 2; 17.5 км/с және 45° , 1; 33.4 км/ч және 291° , 9 ;
354. 15.8; 12.2 және 78.0 км/с
355. $+0,036$, $+0",383$; $-0.003 \text{ жән } -0",035$; $+0.481$ және $-2".556$
356. $d = 1800''$ қабылдады, Альтаир = 2740 жыл ішінде, Солтүстік-шығысқа $\alpha = 19^{\text{сғ}} 49^{\text{м}} 59^{\text{с}}$, 1 және $\delta = +9^\circ 01' 3''$; Спика: 33300 жыл ішінде Оңтүстік-батысқа, $\alpha = 13^{\text{сғ}} 21^{\text{м}} 0^{\text{с}}$, 0 және $\delta = -11^\circ 13' 3''$; ε Индейца: 384 жыл ішінде оңтүстік-шығысқа, $\alpha = 22^{\text{сғ}} 02^{\text{м}} 37^{\text{с}}$, 7 және $\delta = -57^\circ 15' 59''$;
357. $\alpha = 1^{\text{сғ}} 50^{\text{м}} 46^{\text{с}}$, 4 және $\delta = +8^\circ 51' 59''$; $\alpha = 13^{\text{сғ}} 25^{\text{м}} 11^{\text{с}}$, 1 және $\delta = -11^\circ 19' 41''$;
 $\alpha = 22^{\text{сғ}} 03^{\text{м}} 22^{\text{с}}$ 1 және $\delta = -36^\circ 47' 12''$
358. 24 км/с және 38° ; 6 км/с және 146°
359. 20.8 км/с және 99°
360. 41.2 км/с және 43°
361. $310 * 10^3$ жылдан кейін: 5.50 пс және $0",182$; $0",755$; 0 және 19 км/с; $-0^m,71$
362. $28,1 * 10^3$ жылдан кейін: 0.902 пс және $1",108$; $7".992$; 0 және 34 км/с $-0^m,78$
 10 мың жылдан кейін: 1.60 пс және $0",625$; $2",505$; -28 км/с және 19 км/с ;
 $+0^m,46$
 10 мың жылдан кейін ең үлкен жақындағанда: 0.967 пс және $1",034$; $6",915$;
 $+12 \text{ км/с}$ және 32 км/с ; $-0^m,62$
363. $30 * 10^3$, $115,5 * 10^3$ және $240 * 10^3 (\text{км/с})$
364. Жабықта: 545 Мпс = $1,78 * 10^9 \text{ ж.ж.}$, $2 * 10^3 \text{ Мпс} = 6,5 * 10^9 \text{ ж.ж.}$, $4 * 10^3 \text{ Мпс} = 13 * 10^9 \text{ ж.ж.}$;
 Ашықта: 564 Мпс = $1,84 * 10^9 \text{ ж.ж.}$, $2,21 * 10^3 \text{ Мпс} = 7,2 * 10^9 \text{ ж.ж.}$, $5,08 * 10^3 \text{ Мпс} = 16,6 * 10^9 \text{ ж.ж.}$;
365. 0,29 және 1,65
366. 0,29с орнына 0,25с және 1,65с орнына 0,75с
367. 510 км/с, 10,2 Мпс = $33,3 * 10^6 \text{ ж.ж.}$, $83,1 * 10^3 \times 83,1 * 10^3 \text{ пс}$, $-21^m,8$ және $43,7 * 10^9$; 780 км/с, 15,6 Мпс = $50,9 * 10^6 \text{ ж.ж.}$, $49,9 * 10^3 \times 36,3 * 10^3 \text{ пс}$, -20^m және

19,0*10⁹; 1200 км/с, 24,0 Мпс=78,2*10⁶ ж.ж., 62,8*10³ X 41,9*10³ пс, – 21^m, 8 және 43,7*10⁹

368. 1)3,06*10³ Мпс=10*10⁹ ж.ж. және 76*10¹⁰, 3,59*10³ Мпс=11,7*10⁹ ж.ж. және 132*10¹⁰

2) 4,14*10³ Мпс= 13,5*10⁹ ж.ж. және 331*10¹⁰; 5,32*10³ Мпс=17,3*10⁹ж.ж. және 52,5*10¹⁰

370. Жабықта: 828 Мпс=2,7*10⁹ ж.ж., 963 пс= 3140ж.ж., 4,37*10¹²

Ашықта: 864 Мпс= 2,8*10⁹ ж.ж., 1000пс= 3260ж.ж., 4,79*10¹²

371. 0,907с=272000 км/с; 4,67*10³ Мпс= 15,5*10⁹ ж.ж. және 6,36*10³ Мпс=20,7*10⁹ ж.ж.

1-кесте. Уақыт бірліктерін градус бірліктеріне айналдыру

Градус уақыт бірлігінде		Доға минуттары уақыт бірлігінде				Секунд доғалары уақыт бірлігінде			
сағ	°	м	'	м	'	с	''	с	''
1	15	1	0 15	31	7 45	1	0 15	31	7 45
2	30	2	0 30	32	8 00	2	0 30	32	8 00
3	45	3	0 45	33	8 15	3	0 45	33	8 15
4	60	4	1 00	34	8 30	4	1 00	34	8 30
5	75	5	1 15	35	8 45	5	1 15	35	8 45
6	90	6	1 30	36	9 00	6	1 30	36	9 00
7	105	7	1 45	37	9 15	7	1 45	37	9 15
8	120	8	2 00	38	9 30	8	2 00	38	9 30
9	135	9	2 15	39	9 45	9	2 15	39	9 45
10	150	10	2 30	40	10 00	10	2 30	40	10 00
11	165	11	2 45	41	10 15	11	2 45	41	10 15
12	180	12	3 00	42	10 30	12	3 00	42	10 30
13	195	13	3 15	43	10 45	13	3 15	43	10 45
14	210	14	3 30	44	11 00	14	3 30	44	11 00
15	225	15	3 45	45	11 15	15	3 45	45	11 15
16	240	16	4 00	46	11 30	16	4 00	46	11 30
17	255	17	4 15	47	11 45	17	4 15	47	11 45
18	270	18	4 30	48	12 00	18	4 30	48	12 00
19	285	19	4 45	49	12 15	19	4 45	49	12 15
20	300	20	5 00	50	12 30	20	5 00	50	12 30
21	315	21	5 15	51	12 45	21	5 15	51	12 45
22	330	22	5 30	52	13 00	22	5 30	52	13 00
23	345	23	5 45	53	13 15	23	5 45	53	13 15
24	360	24	6 00	54	13 30	24	6 00	54	13 30
		25	6 15	55	13 45	25	6 15	55	13 45
		26	6 30	56	14 00	26	6 30	56	14 00
		27	6 45	57	14 15	27	6 45	57	14 15
		28	7 00	58	14 30	28	7 00	58	14 30
		29	7 15	59	14 45	29	7 15	59	14 45
		30	7 30	60	15 00	30	7 30	60	15 00

2-кесте. Градус бірліктерін уақыт бірліктеріне айналдыру

Градус уақыт бірлігінде		Доға минуттары уақыт бірлігінде				Секүнд доғалары уақыт бірлігінде			
°	С м	'	М сек	'	М сек	"	Сек	"	сек
1	0 4	1	0 04	31	2 04	1	0,07	31	2,07
2	0 8	2	0 08	32	2 08	2	0,13	32	2,13
3	0 12	3	0 12	33	2 12	3	0,20	33	2,20
4	0 16	4	0 16	34	2 16	4	0,27	34	2,27
5	0 20	5	0 20	35	2 20	5	0,33	35	2,33
6	0 24	6	0 24	36	2 24	6	0,40	36	2,40
7	0 28	7	0 28	37	2 28	7	0,47	37	2,47
8	0 32	8	0 32	38	2 32	8	0,53	38	2,53
9	0 36	9	0 36	39	2 36	9	0,60	39	2,60
10	0 40	10	0 40	40	2 40	10	0,67	40	2,67
11	0 44	11	0 44	41	2 44	11	0,73	41	2,73
12	0 48	12	0 48	42	2 48	12	0,80	42	2,80
13	0 52	13	0 52	43	2 52	13	0,87	43	2,87
14	0 56	14	0 56	44	2 56	14	0,93	44	2,93
15	1 00	15	1 00	45	3 00	15	1,00	45	3,00
20	1 20	16	1 04	46	3 04	16	1,07	46	3,07
30	2 00	17	1 08	47	3 08	17	1,13	47	3,13
40	2 40	18	1 12	48	3 12	18	1,20	48	3,20
50	3 20	19	1 16	49	3 16	19	1,27	49	3,27
60	4 00	20	1 20	50	3 20	20	1,33	50	3,33
70	4 40	21	1 24	51	3 24	21	1,40	51	3,40
80	5 20	22	1 28	52	3 28	22	1,47	52	3,47
90	6 00	23	1 32	53	3 32	23	1,53	53	3,53
100	6 40	24	1 36	54	3 36	24	1,60	54	3,60
150	10 00	25	1 40	55	3 40	25	1,67	55	3,67
200	13 20	26	1 44	56	3 44	26	1,73	56	3,73
250	16 40	27	1 48	57	3 48	27	1,80	57	3,80
300	20 00	28	1 52	58	3 52	28	1,87	58	3,87
350	23 20	29	1 56	59	3 56	29	1,93	59	3,93
360	24 00	30	2 00	60	4 00	30	2,00	60	4,00

3-кесте. Уақыт аралығын аудару

И Н Т Е Р В А Л	Т Ү З Е Т У	И Н Т Е Р В А Л	Т Ү З Е Т У	И Н Т Е Р В А Л	Т Ү З Е Т У	И Н Т Е Р В А Л	Т Ү З Е Т У	И Н Т Е Р В А Л	Т Ү З Е Т У	И Н Т Е Р В А Л	Т Ү З Е Т У
С	М сек	С	М сек	М	Сек	М	Сек	М	Сек	М	Сек
1	0 10	13	2 08	1	0	16	3	31	5	46	8
2	0 20	14	2 13	2	0	17	3	32	5	47	8
3	0 30	15	2 28	3	0	18	3	33	5	48	8
4	0 39	16	2 38	4	1	19	3	34	5	49	8
5	0 49	17	2 47	5	1	20	3	35	6	50	8
6	0 59	18	2 57	6	1	21	3	36	6	51	8
7	1 09	19	3 07	7	1	22	4	37	6	52	9
8	1 19	20	3 17	8	1	23	4	38	6	53	9
9	1 29	21	3 27	9	1	24	4	39	6	54	9
10	1 39	22	3 37	10	2	25	4	40	7	55	9
11	1 49	23	3 46	11	2	26	4	41	7	56	9
12	1 59	24	3 56	12	2	27	4	42	7	57	9
				13	2	28	5	43	7	58	10
				14	2	29	5	44	7	59	10
				15	2	30	5	45	7	60	10

Орташа уақыт интервалын ΔT жұлдызды уақыт интервалына ΔS айналдыру кезінде түзету қосылады.

Жұлдызды уақыт интервалын ΔS орташа уақыт интервалына ΔT айналдыру кезінде түзету айырылады

Пайдаланылған әдебиеттер

1. Жаңабаев З.Ж., Наурызбаева А.Ж., Ізтілеуов Н.Т. Жалпы астрономия курсы // Алматы: Қазақ университеті, 2017. – 197 б.
2. Жаров В.Е. Сферическая астрономия // Фрязино, 2006. – 480 с. – ISBN 5–85099–168–9.
3. Ковалевский Ж. Современная астрометрия // М. Век-2, 2005. – 480 с.
4. Дагаев М.М. Сборник задач по астрономии // М., - 128 с.

Мазмұны

КІРІСПЕ -----	3
I. СФЕРАЛЫҚ ЖӘНЕ ПРАКТИКАЛЫҚ АСТРОНОМИЯНЫҢ НЕГІЗГІ ТҮСІНІКТЕРІ -----	5
§ 1. Шырақтың шарықтауы. Өртүрлі географиялық параллельдердегі жұлдызды аспанның түрлері -----	5
§ 2. Күннің жылдық көрінерлік қозғалысы, жыл мезгілдерінің ауысуы және жылулық белдеулердің астрономиялық белгілері-----	13
§ 3. Уақытты санау жүйелері-----	17
§ 4. Географиялық және аспан экваториалдық координаттарын практикалық анықтау -----	24
§ 5. Аспан координаттары және уақытты есептеу жүйелерін түрлендіру. Шырақтардың шығуы мен батуы -----	29
II. ТЕОРИЯЛЫҚ АСТРОНОМИЯ МЕН АСПАН МЕХАНИКАСЫНЫҢ НЕГІЗДЕРІ -----	39
§ 6. Ғаламшарлар конфигурациясы мен Кеплердің эмпирикалық заңдары -----	39
§ 7. Күн жүйесіндегі денелердің айналысы, өлшемі және арақашықтығы-----	49
§ 8. Бүкіләлемдік тартылыс заңы мен екі дене есебі -----	55
§ 9. Жасанды аспан денелері -----	67
§ 10. Ауырлық және тартылыс заңдары -----	80
III. ТЕЛЕСКОПТАР-----	84
§ 11.Телескоп сипаттамалары-----	84
IV. АСТРОФИЗИКА ЖӘНЕ ЖҰЛДЫЗДЫ АСТРОНОМИЯ НЕГІЗДЕРІ -----	92
§ 12. Шырақ жарықтылығы-----	92
§ 13. Күннің және басқа да жұлдыздардың физикалық табиғаты -----	98
§ 14. Еселі және айнымалы жұлдыздар -----	107
§ 15 Жұлдыздардың және галактикалардың кеңістікте қозғалысы -----	114
ЖАУАПТАРЫ -----	125
Пайдаланылған әдебиеттер-----	142

Оқу басылымы

Қаламбай Мухағали Тоқтарбайұлы
Алимгазинова Назгүл Шәкәрімқызы
Наурызбаева Айша Жетібайқызы
Демесинова Айзат Мырзатайқызы
Шукиргалиев Бекдәулет Темірболатұлы

АСТРОНОМИЯ БОЙЫНША ЕСЕПТЕР ЖИНАҒЫ

Компьютерде беттеген: А. Алдашева
Мұқабасын безендірген: А. Айымбетов

Авторлық редакциямен жарыққа шықты

ИБ №14842

Басуға 31.01.2023 жылы қол қойылды.
Пішімі 60x84 1/16. Көлемі 8,8 б.т. Офсетті
қағаз. Сандық басылым. Тапсырыс №694.
Таралымы 100 дана. Бағасы келісімді.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің
«Қазақ университеті» баспа үйі.
050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.
«Қазақ университеті» баспа үйі баспаханасында басылды