

## *Лабораторная работа*

### **ПЕРЕВЫЧИСЛЕНИЕ ЭКВАТОРИАЛЬНЫХ КООРДИНАТ В ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ КООРДИНАТ ЗВЁЗД В МЕРИДИАНЕ, ПЕРВОМ ВЕРТИКАЛЕ И ЭЛОНГАЦИЯХ**

Цель: определить горизонтальные координаты звёзд в меридиане, первом вертикале и элонгациях.

*Пример 1.* Выбор двух звезд.

Исходные данные представлены в табл. 3.

Таблица 3

#### Исходные данные

Группа	Широта (для при- меров 1, 2, 3)	Прямое восхожде- ние $\alpha$ для двух звёзд	Склонение $\delta$ для двух звёзд
1-я	$50^{\circ} 22' 43'' + 15' \cdot N_0$	$(N-1) < \alpha < N$	$-15^{\circ} < \delta_1 < (\varphi - 2^{\circ});$ $(\varphi + 4^{\circ}) < \delta_2 < 82^{\circ}$
2-я	$50^{\circ} 16' 25'' + 10' \cdot N_0$	$(N-10) < \alpha < (N-9)$	$-15^{\circ} < \delta_1 < (\varphi - 2^{\circ});$ $(\varphi + 4^{\circ}) < \delta_2 < 82^{\circ}$

Формулы для вычислений координат в меридиане представлены в табл. 4.

Таблица 4

#### Формулы для вычислений координат в меридиане

Верхняя кульминация		Нижняя кульминация	
1-я звезда	2-я звезда	1-я звезда	2-я звезда
$S = \alpha$	$S = \alpha$	$S = \alpha \pm 12h$	$S = \alpha \pm 12h$
$Z = \varphi - \delta$	$Z = \varphi - \delta$	$Z = 180^{\circ} - (\varphi + \delta)$	$Z = 180^{\circ} - (\varphi + \delta)$
$A = 0^{\circ}$	$A = 180^{\circ}$	$A = 180^{\circ}$	$A = 180^{\circ}$

**Пример 2.** Прохождение светилом первой вертикали.

Исходные данные:

1-я группа:  $\alpha = \alpha_1 + 6^h$ , склонение  $5^\circ < \delta < (\varphi - 5^\circ)$ ;

2-я группа:  $\alpha = \alpha_1 - 6^h$ , склонение  $5^\circ < \delta < (\varphi - 5^\circ)$ .

Рабочие формулы:

$$\cos t = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \varphi};$$

$$\cos z = \frac{\sin \delta}{\sin \varphi};$$

$$S_w = t + \alpha;$$

$$S_E = \alpha - t.$$

**Пример 3.** Элонгация светила.

Исходные данные:

1-я группа:  $\alpha = \alpha_1 - 6^h$ , склонение  $\delta > (\varphi + 6^\circ)$ ;

2-я группа:  $\alpha = \alpha_1 + 6^h$ , склонение  $\delta > (\varphi + 6^\circ)$ ,

где № – порядковый номер студента в списке группы в журнале преподавателя.

Рабочие формулы:

$$\sin t = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \delta};$$

$$\cos z = \frac{\sin \varphi}{\sin \delta};$$

$$\sin \alpha = \frac{\cos \delta}{\cos \varphi};$$

$$A_w = 180^\circ - \alpha; A_E = 180^\circ + \alpha;$$

$$t_w = t; t_E = -t; S_w = t_w + \alpha; S_E = \alpha - t_E.$$

**Задание 1.** Перевести время из одной системы счёта в другую.

Постоянные:  $\mu = 0,002737909$ ;

$$v = 0,0027304336;$$

$$\lambda = 4^h 53^m 13,02^s.$$

Вычисления выполнять до  $0,01^s$ .

Вычислить звёздное время  $s$  по среднему времени  $m$ .

Сделать обратный перевод из  $s$  в  $m$ .

Исходные данные:

1-я группа:  $m = 0,5(\text{№})^h + 19^m 15,73^s + (\text{№})^s$ ;

2-я группа:  $m = 0,5(\text{№})^h + 21^m 02,65^s + (\text{№})^s$ ,

где № – порядковый номер студента в списке группы в журнале преподавателя.

Рабочие формулы:

$$s = t + \mu \cdot t;$$

$$t = s - \nu \cdot s.$$

**Задание 2.** Перевести местное среднее время в местное звёздное время (2 варианта).

Исходные данные:

1-я группа:  $t = (\text{№})^h + 3^m(\text{№}) + 35,79^s$ ; дата (№) июня.

2-я группа:  $t = (\text{№})^h + 2^m(\text{№}) + 24,68^s$ ; дата (№) июня,

где № – порядковый номер студента в списке группы в журнале преподавателя.

Рабочие формулы:

– для табл. 1 (в рабочей тетради)  $s = t + \mu \cdot t + S_0 - \mu\lambda$ ;

– для табл. 2 (в рабочей тетради)  $s = t - \lambda + \mu \cdot M + S_0 + \lambda$ ;

$M = t - \lambda$ , где  $S_0$  – звёздное время в Гриническую полночь.

**Задание 3.** Перевести местное звёздное время в местное среднее время (3 варианта).

Исходное время: к местному звёздному времени примера 2 прибавить 12 часов:  $s_3 = s_2 + 12^h$ .

Рабочие формулы:

– для табл. 1 (в рабочей тетради)  $t = s - s_0 - \nu(s - s_0) + \nu\lambda$ ;

– для табл. 2 (в рабочей тетради)  $t = s - s_0^* - \nu(s - s_0^*) + \nu(\nu(\lambda))$ ;

$s_0^* = s_0 - \nu\lambda$ , где  $s_0^*$  – звездное время в местную полночь;

– для табл. 3 (в рабочей тетради)  $t = s - \lambda - s_0 - \nu(S - S_0) + \lambda$ ;

$S = s - \lambda$ ;  $M = S - S_0 - \nu(S - S_0)$ , здесь расхождение не более  $0,02^s$ .

При расхождении в третьем варианте на  $3^m55^s$  взять  $S_0$  на предыдущую дату.

**Задание 4.** Перевести среднее время в истинное.

Исходные данные:

1-я группа:  $t = 18^h + 11^m(\text{№}) + 35,152^s$ ; дата № декабря, 20.. года.

2-я группа (не выполняет),

где № – порядковый номер студента в списке группы в журнале преподавателя.

Рабочая формула:

$$M = t - \lambda,$$

где  $M$  – время в часах и его долях, вычислять до четвёртого знака после запятой.

Вычисления выполнять до 0,001  $s$ .

Из АЕ выбрать уравнение времени на свою и на следующую даты  $E_0$  и  $E_1$  и часовые изменения времени  $V_0$  и  $V_1$  – третий столбец.

Рабочие формулы:

$$\begin{aligned}E &= E_0 + (M)^h v_0 + \Delta E; \\ \Delta E &= (V_1 - V_0) \cdot ((M)^h)^2 / 48; \\ t_{\odot} &= E + m.\end{aligned}$$

**Задание 5.** Перевод из истинного времени в среднее.

Выполнить обратный перевод. Формулы – аналогичные заданию 4.

Для задания 5 берём  $t_{\odot}$  из задания 4 и изменяем его на  $12^h$ .

$t_{\odot} = t_{\odot} + 12^h$ , дата (31– №) декабря 20.. года, где № – порядковый номер студента в списке группы в журнале преподавателя.

Формулы – из задания 4.

Вычисления выполнять до 0,001  $s$ .

$$\begin{aligned}T_{\odot} &= t_{\odot} - \lambda; \\ M &= T_{\odot} - E_0,\end{aligned}$$

где  $M$  – время в часах и его долях.

Из АЕ выбрать уравнение времени на свою  $E_0$  и на следующую дату и  $E_1$  и часовые изменения времени  $V_0$  и  $V_1$  – третий столбец.

$$\begin{aligned}E &= E_0 + (M)^h v_0 + \Delta E; \\ \Delta E &= (V_1 - V_0) ((M)^h)^2 / 48; \\ m &= t_{\odot} - E.\end{aligned}$$

**Задание 6.** Вычислить по декретному времени местное среднее время.

Выполнить обратное вычисление.

Исходные данные:

1-я группа:  $D = N_{\odot}^h + 2^m N_{\odot} + 35,48^s$ ; дата № декабря (зимнее время).

2-я группа:  $D = 3^h + N_{\odot}^h + 3^m \cdot N_{\odot} + 15,87^s$ ; дата № декабря (зимнее время),

где № – порядковый номер студента в списке группы в журнале преподавателя.

Рабочие формулы:

$$m = D - (N+1) + \lambda;$$
$$D = m - \lambda + (N + 1) .$$

**Задание 7.** Вычислить по декретному времени местное звёздное время.

Выполнить обратное вычисление.

Исходные данные:

1-я группа:  $D = N^h + 2^m N^s + 35,48^s$ ; дата № декабря (зимнее время).

2-я группа:  $D = 3^h + N^h + 3^m N^s + 15,87^s$ ; дата № декабря (зимнее время),

где № – порядковый номер студента в списке группы в журнале преподавателя.

Рабочие формулы:

$$M = D - (N+1);$$
$$s = M + \mu M + S_0 + \lambda;$$
$$S = s - \lambda;$$
$$M = S - S_0 - v (S - S_0);$$
$$D = M + (N+1).$$

Расхождения между результатами прямого и обратного перевычислений не допускаются.

**Задание 8.** Интерполировать координаты Солнца и звёзд.

Вычислить параллакс и рефракцию.

**Задание 8.1.** Интерполировать координаты Солнца.

Исходные данные:

1-я группа:  $m = 6^h + 16^m N^s + 10^s \cdot N^s$ ; дата № мая 20 г.

2-я группа:  $m = 12^h + 23^m N^s + 07,5^s \cdot N^s$ ; дата № мая 20 г.,

где № – порядковый номер студента в списке группы в журнале преподавателя.

Из АЕ выписать: прямые восхождения  $\alpha_0 = \dots$  ;  $\alpha_1 = \dots$ , склонения  $\delta_0 = \dots$  ;  $\delta_1 = \dots$ , часовые изменения склонений  $v_{0,\delta}$ ,  $v_{1,\delta}$  и часовые изменения уравнения времени  $v_{0,E}$ ,  $v_{1,E}$  (выбрать из АЕ на свою и следующую даты).

Рабочие формулы:

$$M = m - \lambda;$$
$$V_\alpha = 9,856^s - v_E;$$

$$\alpha = \alpha_0 + (v_{0,\alpha} + (v_{1,\alpha} - v_{0,\alpha})\eta/48)\eta;$$

$$\delta = \delta_0 + (v_{0,\delta} + (v_{1,\delta} - v_{0,\delta})\eta/48)\eta;$$

$$D_\alpha = v_{1,\alpha} - v_{0,\alpha};$$

$$D_\delta = v_{1,\delta} - v_{0,\delta};$$

$$v_\alpha = v_{0,\alpha} + (v_{1,\alpha} - v_{0,\alpha})\eta/48;$$

$$v_\delta = v_{0,\delta} + (v_{1,\delta} - v_{0,\delta})\eta/48.$$

**Задание 8.2.** Интерполировать видимые места вблизи полюсных звёзд.

Звезда  $\alpha$  U Min (№ 4).

1-я группа:  $s = (14^h 48^m) + (\text{№})^h$ , № – март 20... г.

2-я группа:  $s = (2^h 15^m) + (\text{№})^h$ , № – март 20... г.,

где № – порядковый номер студента в списке группы в журнале преподавателя.

В АЕ из таблицы вблизи полюсных звёзд выбрать прямое восхождение и склонение Полярной на три даты: на текущую дату, на предшествующий день и на последующий день. Порядок выполнения – в приложениях АЕ.

**Задание 8.3.** Вычислить параллакс и астрономическую рефракцию.

Исходные данные: дата № июля 20... г.

1-я группа:  $z' = 48^\circ 12' 35'' + 10' \cdot \text{№}$ .

2-я группа:  $z' = 49^\circ 37' 48'' + 10' \cdot \text{№}$ ,

где № – порядковый номер студента в списке группы в журнале преподавателя.

Рабочие формулы:

$$p = P_0 \cdot \sin z';$$

$$z = z' - p,$$

где  $P_0$  – суточный параллакс Солнца (выбрать из АЕ).

Вычислить рефракцию для видимого зенитного расстояния.

Исходные данные для двух групп:  $t \text{ }^\circ\text{C} = (-20 \text{ }^\circ\text{C} + 0,5 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{№})$ ;

$p = (720 + \text{№})$  (мм рт. ст.).

1-я группа:  $z' = 64^\circ 12' 35'' + 10' \cdot \text{№}$ .

2-я группа:  $z' = 69^\circ 37' 48'' + 10' \cdot \text{№}$ ,

где № – порядковый номер студента в списке группы в журнале преподавателя.

Рефракцию вычислять по АЕ и по формулам:

$$\rho_0 = 60'',17 \operatorname{tg} z' - 0'',052 \operatorname{tg}^3 z' + 0'',00013 \operatorname{tg}^5 z';$$

$$\rho = \rho_0 \left( \frac{p}{760} \cdot \frac{1}{1 + \alpha t} \right),$$

где  $p$  – атмосферное давление, мм рт. ст.

$$\alpha = \frac{1}{273}; \quad z = z' + \rho.$$

**Задание 9.** Определить астрономический азимут по измеренному часовому углу.

Задания студентам даются индивидуально.

Рабочие формулы:

$$b = \frac{(L_1 + \Pi_1) + (L_2 + \Pi_2)}{2};$$

$$\Delta_Z = \Delta_R = b \cdot \operatorname{ctg} z \cdot \frac{\tau''}{2};$$

$$Z = 90^\circ - \varphi + I;$$

$$x = \frac{(L_1 - L_2) + (\Pi_1 - \Pi_2)}{2};$$

$$T = D - (N + 2) + S_0 + \mu(M) + \lambda;$$

$$t^h = T - (\alpha - u); \quad \Delta = 90^\circ - \delta;$$

$$\operatorname{tga}' = -\frac{m \cdot \sin t}{1 - n};$$

$$m = \operatorname{tg} \Delta \cdot \sec \varphi;$$

$$n = \operatorname{tg} \Delta \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos t;$$

$$v = \frac{1}{1 - n};$$

$$\delta \alpha = 0,32'' \cdot \cos \varphi \cdot \operatorname{cosec} z;$$

$$(Z) = (Z' + \Delta Z);$$

$$(R \pm 180^\circ) = (R' \pm 180^\circ) + \Delta R;$$

$$N_Z = (Z) - a;$$

$$N_R = (R \pm 180^\circ) - a;$$

$$a_{3,n} = N_d - N_z;$$

$$a_{3,n} = N_d - N_R;$$

$$a_{cp} = \frac{[a_{3.n}]}{4}; m_a = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}}; M_a = \frac{m_a}{\sqrt{n}}.$$

**Задание 10.** Определить азимут земного предмета по измеренным зенитным расстояниям Солнца.

Задания студентам даются индивидуально.

Рабочие формулы:

$$\begin{aligned} z &= z' + \rho; \\ \Delta &= 90^\circ - \delta_{\odot}; \\ 2p &= z + \Delta + \Phi; \\ m^2 &= \frac{\sin(p-z) \cdot \sin(p-\Phi) \sin(p-\Delta)}{\sin(p)}; \\ \operatorname{tg} \frac{A}{2} &= \frac{m}{\sin(p-\Delta)}; \\ \operatorname{tg} \frac{q}{2} &= \frac{m}{\sin(p-\Phi)}; \\ \operatorname{tg} \frac{t}{2} &= \frac{m}{\sin(p-z)}; \\ \operatorname{tg} \frac{A}{2} \cdot \operatorname{tg} \frac{t}{2} \cdot \operatorname{tg} \frac{q}{2} &= \frac{m}{\sin p}; \\ u &= m - T; \\ Q &= N_{3.n} - N_{\bullet}. \end{aligned}$$

Когда Солнце на западе, используют формулы

$$\begin{aligned} N &= N_{\ominus} + A_{\bullet}; \\ A_{3II} &= N_{3.n} - N_{\ominus} - A_{\ominus}. \end{aligned}$$

Когда Солнце на востоке, используют формулы

$$\begin{aligned} N &= N_{\ominus} - A_{\bullet}; \\ A_{3II} &= N_{3.n} - N_{\ominus} + A_{\ominus}. \end{aligned}$$

Поясняющие схемы для вычислений азимута представлены на рис. 2.



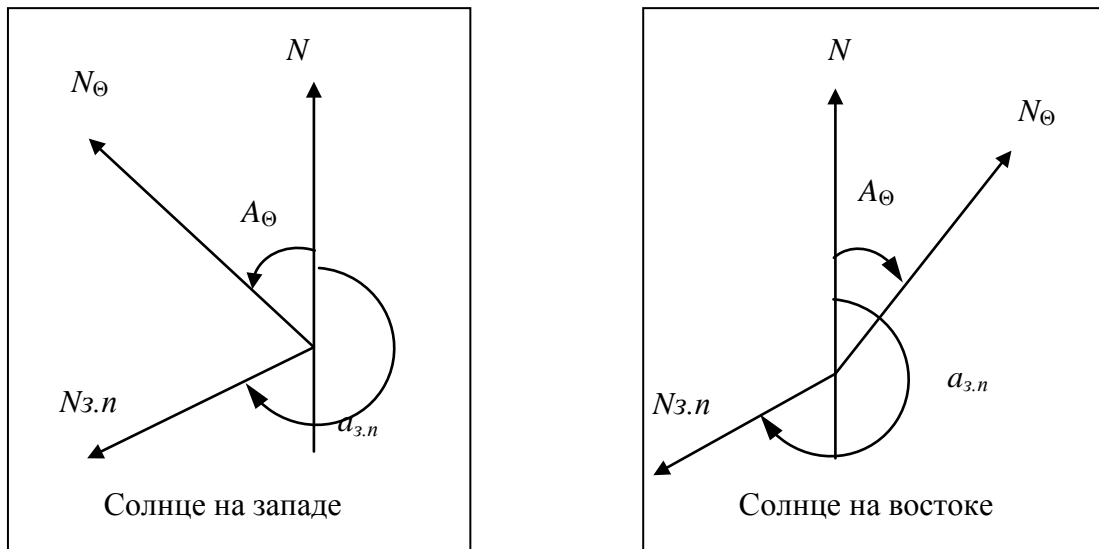


Рис. 2. Поясняющие схемы для вычислений азимута

### *Контрольные вопросы*

1. Как перевести время из одной системы счёта в другую?
2. Как перевести время из местного среднего в местное звёздное?
3. Как перевести время из местного звёздного в местное среднее время?
4. Как перевести среднее время в истинное?
5. Как перевести время из истинного в среднее?
6. Как вычислить по декретному времени местное среднее время?
7. Как вычислить по декретному времени местное звёздное время?
8. Как вычислить параллакс и рефракцию?
9. Как определить астрономический азимут по измеренному часовому углу?
10. Как определить азимут земного предмета по измеренным зенитным расстояниям Солнца?