

	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет»	Методические указания
		Б1.В.ОД.9 Астрономия

Б1.В.ОД.9 Астрономия

Методические указания к практическим занятиям

**Определение параметров Земли**

Направление подготовки

21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование

Профиль подготовки

Геодезия

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Уфа 2016

УДК 53

ББК 22.03

М 54

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета  
природопользования и строительства  
(протокол № \_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 года)

Составители: ст.преподаватель Сираев Ш.Ф.

Рецензент: доцент Юмагужин Р.Ю

Ответственный за выпуск: зав. кафедрой теплоэнергетики и физики к.ф.-м.н, доцент  
Юмагужин Р.Ю.

## Определение параметров Земли

*Цель:* Освоить методику решения задач по определению параметров Земли.

*Содержание:*

1. Задана точность угловых измерений. Какой максимальной ошибке в километрах вдоль меридиана это соответствует?
2. Определить радиус Земли, если задана высота точки и понижение горизонта.
3. Какова дальность горизонта при заданной высоте пункта наблюдения?
4. Чему равна масса Земли, если угловая скорость Луны  $13,2^\circ$  в сутки, а среднее расстояние до нее 384 400 км?
5. Вычислить плотность спутника, если известна его масса и радиус.
6. Определить период обращения искусственного спутника Земли, если наивысшая точка его орбиты над Землей  $5000+N$  км, а наинизшая  $-300+N$  км.  
Сравните движение спутника с обращением Луны.
7. Какова линейная скорость движения точек на экваторе и пункте с широтой  $50^\circ+N^\circ$ .
8. Определить длину дуги меридиана между пунктами А и В, если в пункте А Солнце находится в зените 21 марта и 23 сентября, а в пункте В - 22 июня, считая Землю шаром.

### Общие сведения из теории.

Земля из космоса выглядит как шар, освещенный Солнцем, что служит современным доказательством шарообразности Земли. Точный ответ о форме и размерах Земли можно получить с помощью *градусных измерений*, т.е. измерения в километрах длины дуги в  $1^\circ$  в разных местах на поверхности Земли. Впервые этот способ применил греческий ученый Эратосфен в III в. до н.э. В настоящее время размеры и форму Земли определяют с большой точностью в геодезии методами *триангуляции, трилатерации, полигонометрии и спутниковыми методами*.

Земля движется вокруг Солнца по эллипсу. В перигелии она бывает около 2 января, в афелии – около 4 июля. Доказательства движения Земли вокруг Солнца - это явления годичного параллакса, годичной аберрации и смещение в спектрах звезд. Смена времен года является следствием обращения Земли вокруг Солнца и наклона оси вращения Земли к плоскости эклиптики на  $66,5^\circ$ . При обращении Земли вокруг Солнца ось ее остается параллельна самой себе.

К числу доказательств вращения Земли вокруг оси относятся: суточная аберрация, отклонение падающих тел к востоку и поворот плоскости качаний свободного маятника к западу (опыт Фуко).

Плоскость качаний маятника Фуко поворачивается за час на угол  $15^\circ \sin\varphi$ .

Шарообразность Земли проявляется в увеличении расстояния (D) до линии горизонта с повышением наблюдателя над поверхностью Земли (на h м) по формуле

$$D = 3,57\sqrt{h}, \quad (4.1)$$

или, с учетом рефракции в земной атмосфере,

$$D = 3,80\sqrt{h}, \quad (4.2)$$

где D выражено в км. Вместе с тем видимый горизонт понижается, делаясь ниже астрономического на величину x, называемую понижением горизонта:

$$x=1',93\sqrt{h}, \quad (4.3)$$

или с учетом рефракции,

$$x=1',80\sqrt{h}. \quad (4.4)$$

Эти величины связаны с радиусом Земли  $R$  пропорцией

$$\frac{x}{360^0} = \frac{D}{2\pi R}. \quad (4.5)$$

Для определения радиуса Земли  $R$  измеряют длину дуги меридиана  $S$  между точками, широты которых  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  определяют путем астрономических наблюдений. Очевидно, что

$$\frac{S}{2\pi R} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{360^0}, \quad (4.6)$$

откуда находят  $R$ .

Дугу  $S$  измеряют методом триангуляции. Из таких измерений выяснилась сплюснутость Земли у полюсов. Она характеризуется величиной “сжатия”, равной

$$\alpha = \frac{a-b}{a}, \quad (4.7)$$

где  $a$  и  $b$  – экваториальный и полярный радиусы небесного тела.

У Земли сжатие равно

$$\alpha=1/298.$$

Это сжатие есть следствие вращения Земли и возникающей при этом центробежного ускорения, выражаемого формулой

$$a_{ц} = \omega \cdot D^2, \quad (4.8)$$

где  $\omega$  – угловая скорость,  $D$  – расстояние точки от оси вращения.

Центробежное ускорение уменьшает вес тел:

$$\text{Вес} = m(g - a_{ц}), \quad (4.9)$$

где  $g$  – ускорение силы тяжести.

Ускорение силы тяжести  $g$  выводят путем определения периода колебания маятника  $P$ .

Для математического маятника

$$P = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}, \quad (4.10)$$

где  $l$  – длина маятника.

С учетом центробежного ускорения на широте  $\varphi$

$$g = g_{90} - \omega \cdot R^2 \cos^2 \varphi, \quad (4.11)$$

где  $g_{90}$  – ускорение силы тяжести на полюсе

На широте  $45^0$  на уровне моря  $g=980.6$  см/сек<sup>2</sup>. Наблюдаемые значения  $g$  не соответствуют указанной формуле, обнаруживая еще большее изменение с широтой. Это происходит от изменения расстояния эллипсоидальной поверхности Земли от ее центра.

Истинная фигура Земли отличается от эллипсоида вращения и представляет собой *геоид* – уровенную поверхность поля силы тяжести, проходящую через начало отсчета высот. Отличие геоида от эллипсоида порядка 100 метров.

Изучение фигуры и формы Земли – основная задача геодезии и гравиметрии.

### Примеры решения задач.

Задача 1. Точность угловых измерений  $0,1''$ . Какой максимальной ошибке в длине линии вдоль меридиана это соответствует?

Дано:

$R_{\oplus} = 6\,371 \text{ км}$	$360^{\circ} - 2 R_{\oplus} \pi$	$X = \frac{0,1'' \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 6371}{360^{\circ} \cdot 3600''/^{\circ}} = 0,003 \text{ км} = 3 \text{ м}$
$m = 0,1''$	$0,1'' - X$	

Найти:

$$X = \frac{0,1'' \cdot 2 \pi R_{\oplus}}{360^{\circ} \cdot 3600''/^{\circ}}$$

$m_{\text{км}} = ?$

Ответ: Максимальная ошибка в длине линии соответствует 3 м.

Задача 2. Определить радиус Земли, если с горы высотой 1000 м понижение горизонта составляет  $1,01''$  ( без рефракции).

Дано:

$X = 1,01''$	$\frac{x}{360^{\circ}} = \frac{D}{2\pi R}$	$R_{\oplus} = \frac{3,57 \sqrt{1000} \cdot 360^{\circ}}{3,14 \cdot 2 \cdot 1,01} = 6407,5 \text{ км}$
$h = 1000 \text{ м}$	$D = 3,57 \sqrt{h}$	

Найти:

$R_{\oplus} = ?$

Ответ: Радиус Земли равен 6407,5 км.

Задача 3. Какова дальность горизонта с высоты пятого этажа?

Дано:

$h = 15 \text{ м}$	$D = 3,80 \sqrt{h}$	$D = 3,80 \sqrt{15} = 14,7 \text{ км}$
--------------------	---------------------	--

Найти:

$D = ?$

Ответ: Дальность горизонта с высоты пятого этажа равна 14,7 км.

### Контрольные вопросы.

1. Доказательства вращения Земли вокруг своей оси.
2. Доказательства движения Земли вокруг Солнца.
3. Прецессия и нутация земной орбиты.
4. Годичная и суточная абберация.

Понятие геоида.





