

ков зависит от мощности источника и величины импеданса.

Отмеченные особенности распространения эл.-магн. волн в Земле лежат в основе магнитотеллурич. методов геофиз. разведки — магнитотеллурич. зондирования и профилирования, метода теллурич. токов. Эти методы используются для изучения внутр. электропроводности Земли, в разведочной геофизике — для поисков полезных ископаемых: нефти, газа, рудных месторождений. Разность потенциалов теллурич. поля на расстояниях в тысячи км может достигать во время магн. бурь неск. кВ. Поэтому интенсивность З. т. учитывают при проектировании и эксплуатации подземных и подводных коммуникаций большой протяжённости.

Морская вода — хороший проводник. Поэтому плотности морских токов в сотни раз больше сухопутных. В крупномасштабных океанских течениях электрич. поля достигают десятков мкВ/м, магнитные — десятков нТл. Морские токи создают помехи, к-рые необходимо учитывать при эксплуатации разл. приборов в морях и океанах. Намечаются пути использования морских токов в океанографии, при эл.-магн. зондировании дна океана, выясняется действие морских токов на ихтиофауну.

Лит.: Краев А. П., Основы геоэлектрики, 2 изд., Л., 1965; Сочельников В. В., Основы теории естественного электромагнитного поля в море, Л., 1979; Ваньян Л. Л., Бутковская А. И., Магнитотеллурические зондирования слонных сред, М., 1980; Четаев Д. Н., Дирекционный анализ магнитотеллурических наблюдений, М., 1985.

Г. А. Фонарёв.

**ЗЕРКАЛО** оптическое — оптич. деталь (выполненная из стекла, металла, ситалла или пластмассы), одна из поверхностей к-рой обладает правильной формой, покрыта отражающим слоем и имеет шероховатость, не большую сотых долей длины волны света. В зависимости от типа покрытия различают З. металлические, в к-рых отражающее покрытие выполнено из алюминия, серебра, золота и др. металлов, и З. диэлектрические с отражающим покрытием, образованным чередованием тонких слоёв диэлектриков, напр. сернистого цинка, трёхсернистого цинка и т. п. Действие последних основано на явлении *интерференции света*, возникающей в тонких слоях (см. *Оптика тонких слоёв*). Вследствие этого диэлектрич. З. обладают ярко выраженной селективностью — способностью отражать свет узкого спектрального диапазона, а также поляризации.

Качество З. тем выше, чем ближе форма его поверхности к математически правильной (сферич., цилиндрич., параболической и т. д.). Широко применяют также плоские З., к-рые служат для изменения направления световых лучей в соответствии с законом отражения от плоской поверхности. Положение изображения, даваемого З., может быть получено из общих законов *геометрической оптики*. Если отражающая поверхность обладает осью симметрии, то положение предмета и его изображения связаны с радиусом кривизны  $r$  у вершины  $O$  (рис. 1) соотношением:  $1/s' + 1/s = 2/r$ , где  $s$  — расстояние от вершины  $O$  З. до предмета  $A$ ,  $s'$  — расстояние до изображения  $A'$ . Эта ф-ла строго выполняется в параксиальной области, т. е. при бесконечно малых углах лучей, образуемых с осью З. Бесконечно малый отрезок прямой длиной  $l$ , перпендикулярной оси, изображается отрезком прямой  $l'$ , также перпендикулярным оси, причём  $l' = ls'/s$ . Если предмет находится на бесконечности, то  $s'$  равно фокусному расстоянию З.:  $s' = f' = r/2$ . Фокальная плоскость находится на расстоянии  $r/2$  от вершины З. Зеркала обладают всеми aberrациями, свойственными обычным оптич. системам (см. *Аберрации оптических систем*), за исключением хроматических. Последнее обстоятельство делает особенно ценным применение З. в астр. телескопах, в монохроматорах (особенно ИК) и др. приборах.

Приведём выражение для aberrации в изображении бесконечно удалённого точечного источника, полученного с помощью одиночного З. Если меридиональный луч образует с осью З. угол  $w$  (рис. 2), то расстояние  $FA'$  между осью и точкой  $A'$  пересечения лучом фо-

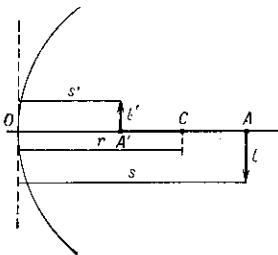


Рис. 1.

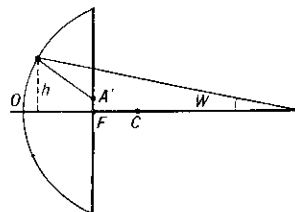


Рис. 2.

кальной плоскости  $FA' = f' \operatorname{tg} w + z$ , где  $z$  — поперечная aberrация, определяемая ур-нием:

$$8 \frac{z}{f'} = -\omega'^3 (1 - e^2) + 6\omega'w \left[ 1 + \frac{x}{r} (e^2 - 1) \right] - 4\omega'w^2 \left[ 3 \left( 1 - \frac{x}{r} \right)^2 - 1 - 3e^2 \frac{x^2}{r^2} \right] - \omega'^3 \frac{8x}{r} \left[ \left( 1 - \frac{x}{r} \right) \left( 2 - \frac{x}{r} \right) - e^2 \frac{x^2}{r^2} \right], \quad (*)$$

где  $x$  — расстояние от вершины З. до входного зрачка,  $\omega' = h/f'$ ,  $e$  — эксцентриситет меридионального сечения поверхности З. Все величины на рис. 2 положительны. Первый член в ур-нии (\*), пропорциональный  $\omega'^3$ , описывает *сферическую aberrацию*, второй — *кому*, третий определяет *астигматизм* и *кривизну поля изображения*, четвёртый — *дисторсию*.

Для З., применяемых в телескопах, центр входного зрачка совпадает с вершиной  $O$  З. ( $x=0$ ), тогда ф-ла (\*) принимает вид

$$8 \frac{z}{f'} = -\omega'^3 (1 - e^2) + 6\omega'w - 8\omega'w^2.$$

Для сферич. З. ( $e=0$ )

$$\frac{z}{f'} = -\frac{1}{8} \omega'^3 + \frac{3}{4} \omega'^2 w - \omega'w^2.$$

Для параболич. З. ( $e=1$ )

$$\frac{z}{f'} = \frac{3}{4} \omega'^2 w - \omega'w^2,$$

т. е. сферич. aberrация отсутствует.

Из ф-лы (\*) также вытекает известное свойство сферич. З., центр входного зрачка к-рого совпадает с центром кривизны З., а именно, у него отсутствуют все aberrации, кроме сферической и кривизны поля изображения. Действительно, при  $x=r$  и  $e=0$  ф-ла (\*) принимает вид

$$8 \frac{z}{f'} = -\omega'^3 + 4\omega'w^2.$$

Этим свойством пользуются в зеркально-линзовом телескопе, состоящем из сферич. З. и коррекционной пластинки, помещённой во входном зрачке для исправления сферич. aberrации З. Эллипсоидальные З. применяются в тех случаях, когда следует безабберационно изобразить точку оси, находящуюся на конечном расстоянии от З., в др. точку оси. Обе точки являются фокусами эллипсоидальной поверхности. Тем же свойством обладают гиперболические поверхности для случая, когда одна из точек мнимая, как это происходит, напр., в системе телескопа Кассегрена. В проекторах и зеркально-линзовых оптич. системах применяют также З., представляющие собой линзы, задняя сторона к-рых является отражающей. З. широко используют в оптич. *интерферометрах*, а также в *оптических резонаторах лазеров*.