



ГРАВИТАЦИОННОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ

Авторы: В. Л. Пантелеев, Л. В. Зотов

ГРАВИТАЦИОННОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ, в астрономии понимается как поле тяготения (притяжения), в геодезии и геофизике – как поле тяжести.

Поле тяготения есть поле сил, которые подчиняются [всемирного тяготения закону](#).

Г. п. З. как поле тяготения используется в задачах астрономии для построения орбит космич. тел (как естественных, так и искусственных) в окрестности планеты Земля.

Поле тяжести определяется во вращающейся системе координат с учётом сил негравитационной природы (упругих, электростатич., магнитных и др.), которые удерживают пробное тело неподвижным относительно поверхности Земли (т. н. реакция опоры). Равнодействующая сил реакции опоры и притяжения сообщает пробному телу центростремительное ускорение. Вследствие неинерциальности вращающейся системы отсчёта возникает центробежное ускорение, обратное по направлению центростремительному и вызываемое центробежной силой (см. [Сила инерции](#)). Под силой тяжести понимают равнодействующую сил притяжения Земли и центробежной силы, помня, что последняя является лишь эффектом использования неинерциальной системы отсчёта. Незначительный вклад в поле тяжести вносит также действующее в окрестностях Земли притяжение Солнца, Луны, планет и др. тел. Г. п. З. как поле тяжести – предмет изучения [гравиметрии](#).

Функцией, описывающей Г. п. З., является гравитац. потенциал. Наиболее удобная для измерения характеристика Г. п. З. – его напряжённость (сила, с которой поле действует на единичную точечную массу), являющаяся первой производной гравитац. потенциала. Эта удельная сила имеет размерность ускорения и во вращающейся системе отсчёта, связанной с поверхностью Земли, совпадает с ускорением свободного падения пробного тела. В гравиметрии слово «удельная», как правило,

опускают и силу тяжести измеряют в миллигалах ($1 \text{ мГал} = 10^{-5} \text{ м/с}^2$). Др. регистрируемые характеристики Г. п. З. – вторые производные гравитационного потенциала. Единицей измерения вторых производных гравитац. потенциала служит этвеш, равный 10^{-9} с^{-2} . Собранную информацию о Г. п. З. хранят в виде карт аномалий силы тяжести (гравитац. аномалий) или каталогов гравиметрич. пунктов.

Г. п. З. может быть локальным, отражающим распределение силы тяжести на ограниченных площадях, или региональным. Локальное Г. п. З. широко используется для решения задач гравитационной разведки, которая изучает неоднородности распределения масс в верхних слоях земной коры, что применяется в т. ч. и для поисков полезных ископаемых. Методы, разработанные для изучения локального Г. п. З., используются также при исследовании строения верхних слоёв др. планет и Луны. Напр., в 1968 амер. учёные У. Съёгрэн и П. Мюллер, исследуя лучевые ускорения (составляющие ускорения, направленные по лучу зрения наблюдателя) искусственных спутников Луны, обнаружили довольно значительные положительные гравитац. аномалии над лунными морями, что можно объяснить только концентрацией масс у поверхности Луны. Подобные геологич. структуры были названы масконами. Признаки масконов нашли также на Меркурии, Марсе и даже на Земле.

Региональное Г. п. З. используют прежде всего для решения физич. задач геодезии, для определения параметров общего земного эллипсоида (ОЗЭ) как тела отсчёта, для построения географич. карт, вычисления высот квазигеоида и уклонений отвесных линий (см. Геодезическая гравиметрия). Параметры ОЗЭ входят в алгоритмы обработки спутниковых данных для определения геодезич. координат в спутниковых системах позиционирования.

Потенциал регионального поля тяготения в данной точке зависит от точного расстояния до центра Земли, географич. широты и долготы места; его значение задаётся в виде разложения в ряд по сферическим (на поверхности Земли) или шаровым (в пространстве) функциям. Аналогичное представление потенциала поля тяжести включает также дополнительный член ряда, отвечающий за центробежные силы.

Для удобства решения разл. задач Г. п. З. условно разделяется на нормальную и

аномальную части. Нормальная часть соответствует идеализированной Земле («нормальной» Земле) простой геометрической формы и с простым распределением плотности внутри неё. Аномальная часть поля меньше по величине и отражает детали фигуры и распределения плотности реальной Земли. Нормальным гравитац. потенциалом называют приближённое представление Г. п. З., заданное первыми членами разложения потенциала в ряд по шаровым функциям. Соответствующая ему нормальная сила тяжести

γ , ограниченная точностью порядка квадрата сжатия Земли (отношение разности экваториальной и полярной полуосей земного эллипсоида к экваториальной полуоси), имеет вид

$$\gamma = \gamma_e(1 + \beta \sin^2 B - \beta_1 \sin^2 2B), \text{ где}$$

B – геодезич. широта точки. Численные значения коэффициентов

β ,

β_1 и

γ_e утверждаются междунар. сообществом геодезистов и геофизиков. Междунар. формула для нормальной силы тяжести, принятая на 14-й Генеральной ассамблее геодезии и геофизики в 1967, имеет следующие коэффициенты:

$$\gamma_e = 978031,8 \text{ мГал,}$$

$$\beta = 0,0053024,$$

$$\beta_1 = 0,0000059. \text{ При этом сжатие планеты Земля оказывается равным}$$

$$\alpha = 1/298,249.$$

Г. п. З. характеризуется следующими числовыми значениями величин: сила тяжести на экваторе составляет 978032,78 мГал, на полюсе – 983218,53 мГал; максимальная аномалия силы тяжести не превышает 400 мГал; нормальный вертикальный градиент силы тяжести – 0,3086 мГал/м; максимальное отклонение отвесной линии 20"; диапазон периодич. лунно-солнечных вариаций силы тяжести менее 0,3 мГал; возможная величина векового изменения силы тяжести менее 0,01 мГал/год.

Г. п. З. используют для определения фигуры геоида – одной из уровенных поверхностей Земли. Направление вектора силы тяжести (нормали к уровенной поверхности) задаёт положение астрономич. зенита. Для мн. задач навигации важно

знать отклонение отвесной линии от нормали к общему земному эллипсоиду.

Вторые производные потенциала тяжести также используют для решения геолого-разведочных и геодезич. задач. Аномальная часть вторых производных по величине достигает десятков, а в горах – сотен этвеш. Вторые производные гравитац. потенциала измеряют гравитационными вариометрами, первые производные – гравиметрами.

Литература

Лит.: Грушинский Н. П. Теория фигуры Земли. 2-е изд. М., 1976; Цубои Т. Гравитационное поле Земли. М., 1982; Молоденский М. С. Гравитационное поле. Фигура и внутреннее строение Земли. М., 2001.