

стабилизированную платформу. В наблюдения вводятся поправки за вертикальные и горизонтальные возмущающие ускорения (измеряются спец. акселерографами) и за наклоны. Точность измерения  $\Delta g$  на море на два порядка ниже, чем на суше. При помощи статич. Г. проводятся опытные наблюдения на самолётах. Статич. Г. широко применяются в гравиразведке.

К динамическим Г. относятся струнные Г. и баллистич. Г. Струнные Г. применяются для относительных измерений.  $\Delta g$  определяется по изменению частоты колебаний нагруженной струны. Баллистич. Г. используются для абс. измерений. Принцип действия баллистич. Г. основан на измерении времени прохождения пробного (свободно падающего) тела через неск. точек, расстояния между к-рыми также измеряются. Высокая точность измерения достигается использованием кварцевых и атомных стандартов частоты и лазеров.

К динамич. Г. следует отнести и маятниковый прибор, в к-ром используется зависимость периода колебаний свободного маятника от  $g$ .

*Лит. см. при ст. Гравиметрия. Н. П. Грушинский.*  
**ГРАВИМЕТРИЯ** (от лат. *gravis* — тяжёлый и греч. *metrōō* — измеряю) — в узком понимании наука о методах измерения силы тяжести. Чаще понимается шире, как наука о силе тяжести (СТ) в пределах близкой окрестности Земли или планет Солнечной системы в рамках ньютоновской механики.

СТ складывается из гравитац. притяжения и центробежной силы:

$$F = -G\mu \int_M \frac{dm}{R^2} \frac{R}{R} + \mu (\omega \times r) \times \omega,$$

где  $G$  — гравитационная постоянная,  $\mu$  — единичная масса,  $dm$  — элемент массы,  $R = r' - r$ ,  $r$ ,  $r'$  — радиус-векторы точки наблюдения и элемента массы,  $\omega$  — угл. скорость вращения Земли (планеты). Интеграл берётся по всем массам. Напряжённость СТ (отношение силы к единичной массе), численно равное ускорению свободного падения  $g$ , измеряется в галах: 1 Гал =  $10^{-2}$  м/с<sup>2</sup>. Осн. приборами для измерения СТ являются гравиметры.

Потенциал СТ имеет вид:

$$W = \int_M \frac{dm}{R} + \frac{\omega^2 r^2}{2} \cos^2 \varphi,$$

где  $\varphi$  — широта места наблюдения. Ур-ние  $W = \text{const}$  определяет семейство уровневых поверхностей. Та из них, к-рая совпадает с уровнем невозмущённой воды в океане ( $W = W_0$ ), наз. геондом и принимается за фигуру Земли.

Для удобства поле СТ разделяют на нормальную часть  $\gamma$ , закономерно изменяющуюся по поверхности планеты, и аномальную  $\Delta g$  (т. н. аномалия силы тяжести), являющуюся разностью между реальной ( $g$ ) и нормальной составляющими:  $\Delta g = g - \gamma$ . Нормальная часть обычно представляется как поле однородного эллипсоида вращения, имеющего одинаковые массу и скорость вращения с реальной Землёй и наилучшим образом приближающегося к геонду. Принята т. н. междунар. гравиметрич. система 1971 года (IGSN-71), в к-рой в качестве нормальной принята ф-ла СТ с коэффициентами, вычисленными по совокупности гравиметрич. и спутниковых данных в 1967:

$$\gamma = 978031,8 (1 + 0,005302 \sin^2 \varphi - 0,0000059 \sin^2 2\varphi) \text{ мГал.}$$

Полное изменение нормальной составляющей поля СТ Земли  $\approx 5,2$  Гал. Аномалии СТ на Земле достигают  $(2-4) \cdot 10^2$  мГал, изменение СТ за счёт центробежной силы  $\approx 3,3$  мГал, изменение СТ за счёт сплюснутости Земли  $\approx 1,8$  мГал, СТ изменяется по высоте на  $\approx 3 \cdot 10^{-1}$  мГал на 1 м, макс. амплитуда лунно-солнечных возмущений  $\approx 2,4 \cdot 10^{-1}$  мГал.

Наблюдения возмущений в движении ИСЗ, происходящих под влиянием неоднородности гравитац. поля,

позволили выделить разл. отклонения фигуры Земли от эллипсоида вращения. В связи с этим понятие нормальной формулы СТ расширено и введено понятие нормальной Земли, задаваемой рядом параметров.

Аномалии СТ зависят от распределения масс в земной коре. Широкие региональные аномалии связаны с неоднородностью плотностей в мантии. С помощью Г. ведётся поиск и разведка нефтегазопосных структур, месторождений полезных ископаемых. Неоднородности плотности в Земле, вызывающие аномалии СТ, одновременно вызывают отклонения уровневой поверхности от эллипсоида, соответствующего нормальному распределению СТ. Эти отклонения — высоты геоида — могут быть вычислены по аномалиям СТ. Для приведения всех геодезич. измерений на эллипсоид относимости надо знать высоты геоида. Т. о., Г. является необходимым элементом геодезии. Этот раздел её наз. геодезич. Г. Методом спутниковой альтиметрии, т. е. непосредственным измерением высоты спутника, координаты к-рого точно известны, высоты геоида на океанах измеряются с погрешностью  $\approx 1$  м.

Деформации Земли и возмущения СТ, вызванные притяжением Луны и Солнца, зависят от упругих свойств Земли. Измеряя эти деформации, можно судить об упругих свойствах внутр. слоёв Земли и о её внутр. строении. Непрерывные измерения СТ дают важную информацию о приливных вертикальных движениях земной коры и могут дать в дальнейшем сведения о глобальных перестройках земных недр и, возможно, свидетельствовать о перемещении (или постоянстве) гравитац. постоянной  $G$ .

Информацию о гравитац. поле Земли и планет несёт не только потенциал и его производная — СТ, но и производные потенциала более высоких порядков. Чувствительность этих величин к изменениям напряжённости гравитац. поля выше, чем у потенциала или у СТ. В навигации, авионавтике и космонавтике вторые производные могут использоваться для определения положения. В геологоразведке они позволяют выявлять структуры или непосредственно полезные ископаемые малой протяжённости.

Появление межпланетных космических аппаратов расширило область применения Г. Спускаемые космические аппараты произвели измерение СТ непосредственно на поверхности Луны, а искусственные спутники Марса и Венеры измерили СТ в окрестностях этих планет. Начаты исследования гравитац. полей Юпитера и Сатурна.

*Лит.: Грушинский Н. П., Сажина Н. Б., Гравитационная разведка, 3 изд., М., 1981; Юзифович А. И., Огородовое Л. В., Гравиметрия, М., 1980; Цубоин Т., Гравитационное поле Земли, пер. с япон., М., 1982; Грушинский Н. П., Основы гравиметрии, М., 1983.*

*Н. П. Грушинский.*

**ГРАВИТАЦИОННАЯ МАССА** (тяжёлая масса, тяготеющая масса) — физ. величина, характеризующая свойства тела как источника поля тяготения; численно равна инертной массе. См. *Масса*.

**ГРАВИТАЦИОННАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ** — развитие возмущений плотности и скорости среды под действием сил собственного тяготения. Согласно совр. взглядам, Г. н. однородного и изотропно расширяющегося вещества (см. *Космология*) привела к образованию наблюдаемой крупномасштабной структуры Вселенной — галактик, скоплений и сверхскоплений галактик. Г. н., вероятно, играет важную роль также в образовании звёзд и звёздных скоплений.

Идея Г. н. была высказана И. Ньютоном (I. Newton) в 1692. Практическая разработка теории началась после работы Дж. Джинса (J. Jeans, 1902), рассматривавшего вопросы происхождения звёзд. Теория Г. н. хорошо разработана для однородной нестационарной среды (в связи с задачами происхождения структуры Вселенной), а также для разл. стационарных (хотя бы в одном направлении) распределений вещества: плоский слой, осесимметричные конфигурации (в т. ч. и с враще-