

1. Гравиразведка

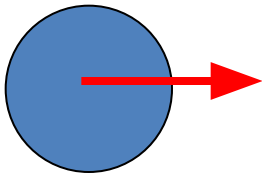
(РАЗВЕДОЧНАЯ ГРАВИМЕТРИЯ)

ЛИТЕРАТУРА

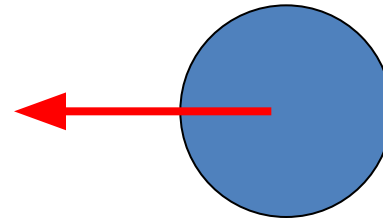
1. Андреев Б.А., Клушин И.Г. Геологическое истолкование гравитационных аномалий. -Л.: Недра, 1965. – 495 с.
2. Веселов К.Е., Сагитов М.У. Гравиметрическая разведка. –М.: Недра, 1968. – 512 с.
3. Гладкий К.В. Гравиразведка и магниторазведка. - М.: Недра, 1967. – 319 с.
4. Гравиразведка: Справочник геофизика / Под ред Е.А. Мудрецовоу, К.Е. Веселова. 2 е изд. – М.: Недра, 1990. – 607 с.
5. Инструкция по гравиметрической разведке. – М.: Недра, 1975. – 88 с.
6. Маловичко А.К. Основной курс гравиразведки. 2-е изд. – Пермь: Изд.ПГУ, ч.1 и 2, 1966.
7. Миронов В.С. Курс гравиразведки. 2-еизд. –Л.: Недра, 1980. – 543 с.
8. Серкероу С.А. Гравиразведка и магниторазведка: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1999. – 437 с.
9. Успенский Д.Г. Гравиразведка. –Л.: Недра, 1968. – 331 с.

1.1. Сила притяжения и ее потенциал

Закон всемирного тяготения



$$F = k \frac{m_1 m_2}{r^2}$$



$$k = 6,673 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3/\text{г} \cdot \text{с}^2 \text{ (СГС)}$$

$$k = 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{с}^2 \text{ (СИ)}$$

$$\text{Dim } F = \text{г см}/\text{с}^2 = \text{эрг}$$

$$\text{Dim } F = \text{кг м}/\text{с}^2 = \text{Н}$$

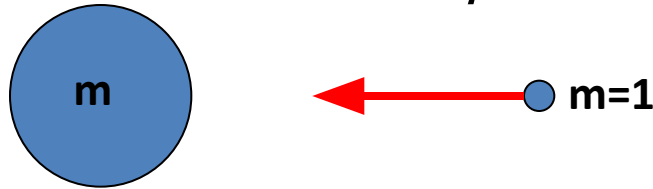
Для точечных и сферических масс:

В гравитразведке

$$V = k \frac{m}{r} \quad \text{- потенциал силы тяжести}$$

$\dim V$ - $\text{м}^2/\text{с}^2$

$$f = k \frac{m}{r^2} \quad \text{- ускорение силы тяжести}$$



$\dim f$ - $1 \text{ м}/\text{с}^2 = 1 \text{ Гл} = 1 \text{ Гл}$ (Галилео) в ед. СИ

$\dim f$ - $1 \text{ см}/\text{с}^2 = 1 \text{ гал}$ (гал) в ед. СГС.

1 миллигал (мгл) = 10^{-3} гл = 10^{-5} Гл или $1 \text{ Гл} = 100 \text{ гл} = 10^5 \text{ мгал}$

1 микрогал (мкгл) = 10^{-6} гл

т.е. $9,81 \text{ м}/\text{с}^2 = 981000,00 \text{ мгал} = 981000000,00 \text{ мкгл}$

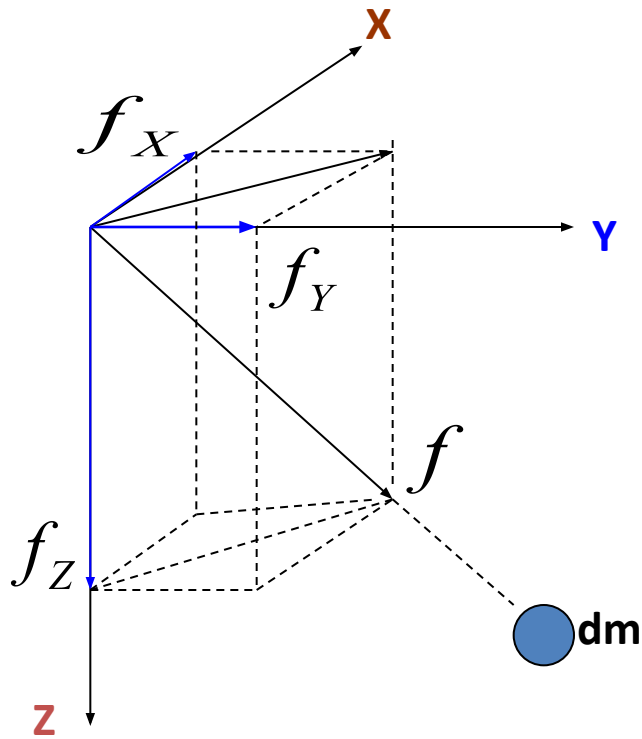
Потенциал V – энергия (или работа) по перемещению единичной точечной массы из бесконечности в данную точку поля.

Сила притяжения, действующая на **единичную точечную** массу **f** – **напряженность** поля притяжения, она численно равна ускорению, сообщаемому этой массе.

Напряженность $f = -\text{grad } V$

$$\text{grad}V = -\left(\frac{\partial V}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial V}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial V}{\partial z} \vec{k}\right)$$

$$\angle(f_x, f) = \alpha \quad \angle(f_z, f) = \gamma \quad \angle(f_y, f) = \beta$$



$$\frac{\partial V}{\partial x} = V_x = f \cdot \cos \alpha = f_x$$

$$\frac{\partial V}{\partial y} = V_y = f \cdot \cos \beta = f_y$$

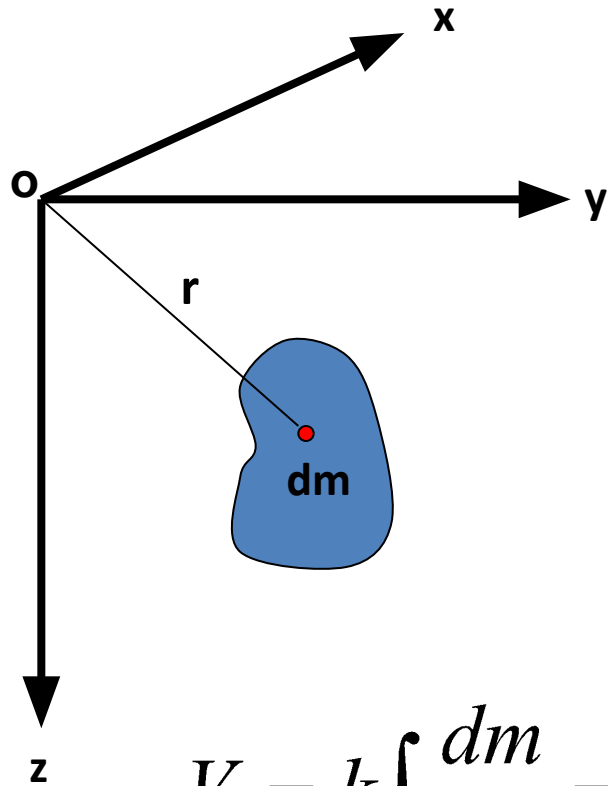
$$\frac{\partial V}{\partial z} = V_z = f \cdot \cos \gamma = f_z$$

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2 + f_z^2}$$

$$f = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial z}\right)^2}$$

Для точечной массы dm потенциал и все его частные производные конечны, непрерывны и однозначны во всем пространстве, кроме точки dm , где они обращаются в бесконечность

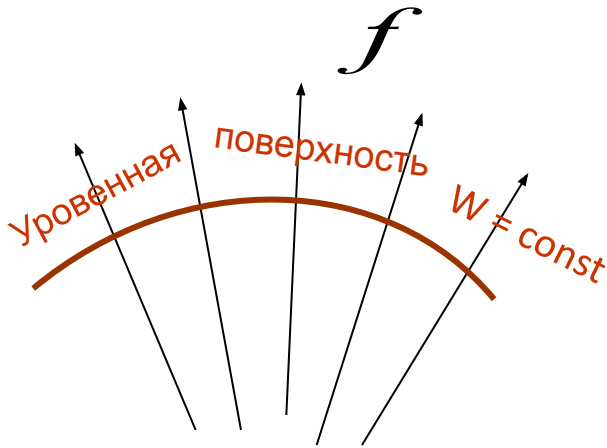
Для произвольных (объемных) масс



$$V = k \int_V \frac{dm}{r} = k \iiint_V \frac{\sigma(dx \cdot dy \cdot dz)}{r}$$

$$f = k \int_V \frac{dm}{r^2} = k \iiint_V \frac{\sigma(dx \cdot dy \cdot dz)}{r^2}$$

Свойства потенциала объемной массы



1. При перемещении точки в направлении, перпендикулярном действию силы, потенциал остается постоянным (уровенная поверхность)
2. При перемещении массы по замкнутому контуру работа равна нулю
3. При перемещении точки вдоль действия силы f на расстояние dS : $dV = f * dS$ (т-ма Брунса)
4. Вне возмущающих масс действует уравнение Лапласа

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0$$

5. Внутри возмущающих масс действует уравнение Пуассона

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = -4\pi k \sigma$$

Уравнение Лапласа



1.2. Производные потенциала силы тяжести и их физический смысл

Первые производные

$$\frac{\partial V}{\partial z} = V_Z = g \quad \frac{\partial V}{\partial x} = V_X \quad \frac{\partial V}{\partial y} = V_Y$$

Вторые производные

Смешанные
(вертикально-горизонтальные)

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x \cdot \partial z} = V_{xz} \quad \frac{\partial^2 V}{\partial y \cdot \partial z} = V_{yz} \quad \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = V_{zz}$$

Горизонтальные

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = V_{xx} \quad \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = V_{yy} \quad \frac{\partial^2 V}{\partial x \cdot \partial y} = V_{xy}$$

Физический смысл вторых смешанных производных

$$V_{xz} = \frac{\partial^2 V}{\partial x \partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial V}{\partial z} \right) = \frac{\partial V_z}{\partial x} = \frac{\partial g}{\partial x} \quad V_{yz} = \frac{\partial^2 V}{\partial y \partial z} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial V}{\partial z} \right) = \frac{\partial V_z}{\partial y} = \frac{\partial g}{\partial y} \quad V_{zz} = \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial V}{\partial z} \right) = \frac{\partial V_z}{\partial z} = \frac{\partial g}{\partial z}$$

V_{xz} , V_{yz} , V_{zz} – производные ускорения силы тяжести по осям координат и определяют скорость изменения g по направлениям этих осей

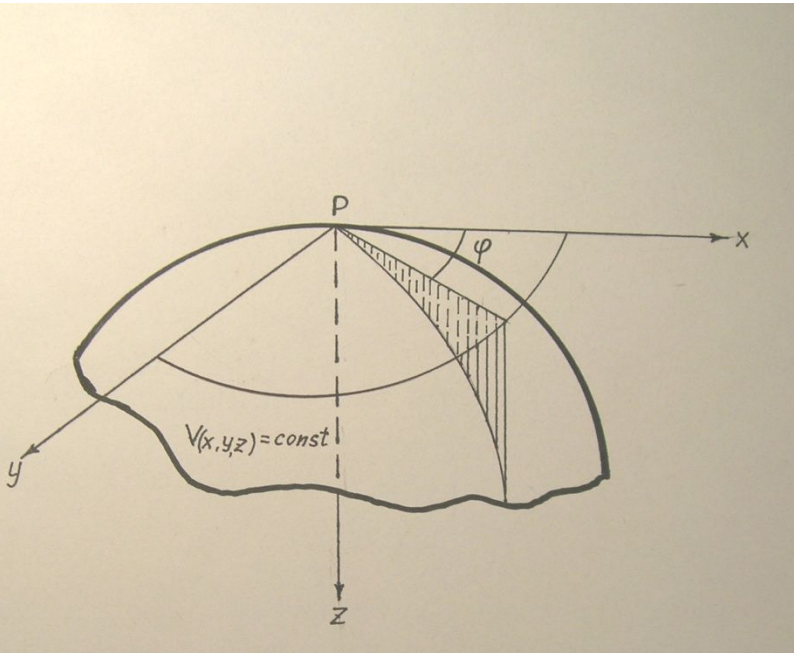
Горизонтальный градиент силы тяжести

$$V_{zs} = \sqrt{V_{zx}^2 + V_{zy}^2} = \frac{\partial g}{\partial s}$$

Максимальная величина скорости изменения g – полный градиент ускорения силы тяжести

$$V_{zR} = \sqrt{V_{zx}^2 + V_{zy}^2 + V_{zz}^2} = \frac{dg}{dR}$$

Вторые горизонтальные производные V_{xx} , V_{yy} , V_{xy} определяют форму уровенной поверхности в данной точке P.



Кривизна нормального сечения в точке P

$$\frac{1}{\rho_\varphi} = \frac{1}{g} (V_{xx} \cos^2 \varphi + V_{xy} \sin 2\varphi + V_{yy} \sin^2 \varphi)$$

$$\frac{1}{\rho_{xz}} = -\frac{1}{g} V_{xx} \quad \frac{1}{\rho_{yz}} = -\frac{1}{g} V_{yy}$$

$$\left(\frac{1}{\rho_{\max}} - \frac{1}{\rho_{\min}} \right) = \frac{1}{g} \frac{V_\Delta}{\cos 2\varphi_0} \quad V_\Delta = V_{yy} - V_{xx}$$

Пусть углом φ_0 определяется сечение с

максимальной кривизной

Тогда вектор разности кривизн (вектор кривизны)

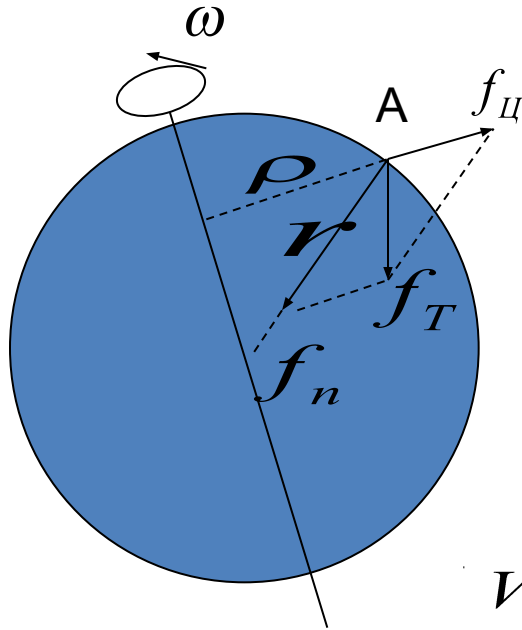
$$R = g \left(\frac{1}{\rho_{\max}} - \frac{1}{\rho_{\min}} \right) \quad \text{Для сферы } R = 0$$

Составляющие вектора кривизны $R \cdot \cos 2\varphi_0 = V_\Delta \quad R \cdot \sin 2\varphi_0 = -2V_{xy}$

Производные V_{xx} , V_{yy} , V_{xy} определяют разность кривизн главных нормальных сечений уровенной поверхности и их азимуты.

Размерность всех вторых производных – $\frac{1}{c^2} = 10^9 \text{ Этвеш} \quad 1 \text{ мгл/км} = 10 \text{ Е}$

1.3. Сила тяжести на поверхности Земли



$$\overline{f_T} = \overline{f_n} + \overline{f_{Ц}}$$

V_n - потенциал притяжения

$U_{Ц}$ - потенциал центробежной силы

$$W = V_n + U_{Ц}$$

$$V_n = k \int_V \frac{dm}{r}$$

$$U_{Ц} = \frac{\omega^2}{2} \rho^2$$

$$f_n = k \frac{M}{r^2}$$

$$f_{Ц} = \rho \omega^2$$

$$\omega = \frac{2\pi}{86164}$$

$$f_n = \begin{cases} 978 \text{ гал} - \text{ на экваторе} \\ 983 \text{ гал} - \text{ на полюсе} \end{cases}$$

$$R_{\text{ЭКВ}} = 6378,16 \text{ км}$$

$$R_{\text{ПОЛ}} = 6356,18 \text{ км}$$

$$\Delta R = 21,98 \text{ км}$$

Практическая работа № 1

1. Определите для северных районов Томской области (широта 60°) потенциал силы тяжести, ускорение силы тяжести и оцените (в %) вклад каждой составляющей в эти величины при сферической форме Земли с массой $5,976 \cdot 10^{24}$ кг. Можно ли вкладывать одинаковый смысл в понятия «сила притяжения» и «сила тяжести»?
2. Определите величину аномалии силы тяжести для геологического объекта в его эпицентре. Объект имеет сферическую форму, глубина центра 400 м, радиус 200 м, плотность $2,8 \text{ г/см}^3$. Плотность вмещающих пород $2,7 \text{ г/см}^3$. Необходимо ли как-то учитывать центробежную силу при измерениях поля силы тяжести над такими объектами?
3. Используя среднее ускорение силы тяжести на поверхности Земли 981 гал , определите ее среднюю плотность и, учитывая, что средняя плотность самых тяжелых (глубинных) горных пород равна $3,0 \text{ г/см}^3$, сделайте выводы о распределении плотности внутри Земли.