1.Гравиразведка

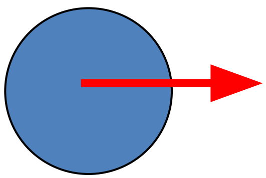
(РАЗВЕДОЧНАЯ ГРАВИМЕТРИЯ)

ЛИТЕРАТУРА

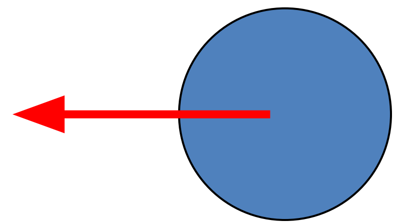
1. Андреев Б.А., Клушин И.Г. Геологическое истолкование гравитационных аномалий. -Л.: Недра, 1965. – 495 с.
2. Веселов К.Е., Сагитов М.У. Гравиметрическая разведка. –М.: Недра, 1968. – 512 с.
3. Гладкий К.В. Гравиразведка и магниторазведка. - М.: Недра, 1967. – 319 с.
4. Гравиразведка: Справочник геофизика / Под ред Е.А. Мудрецовой, 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. Серкеров 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*10^{-8} см^3/г*с^2 (СГС)

k = 6,673*10^{-11} м^3/кг*с^2 (СИ)

Dim F = г см/с^2 = эрг

Dim F = кг м/с^2 = Н

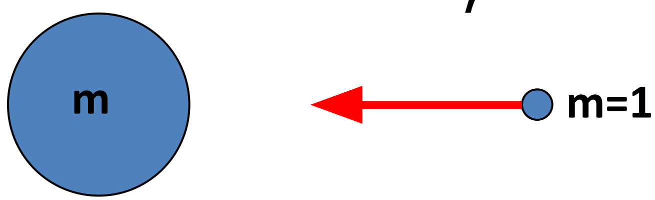
Для точечных и сферических масс:

В гравиразведке

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

dim V - $м^2/с^2$

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



dim f - 1 $м/с^2$ = 1 Gl = 1 Гл (Галилео) в ед. СИ
dim f - 1 $см/с^2$ = 1 гал (гл) в ед. СГС.
1 миллигал (мгл) = 10^{-3} гл = 10^{-5} Gl или 1Gl = 100 гл = 10^5 мгал
1микрогал (мкгл) = 10^{-6} гл
т.е. 9,81 $м/с^2$ = 981000,00 мгал = 981000000,00 мкгл

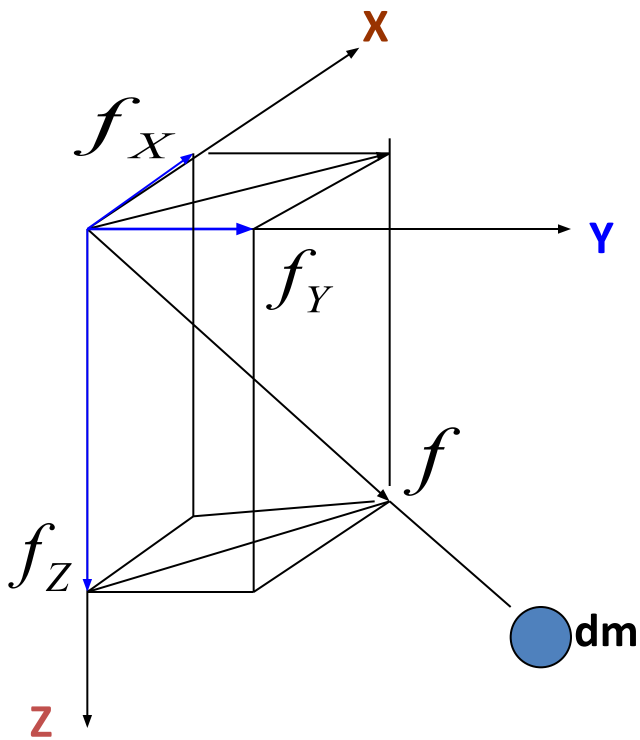
Потенциал V – энергия (или работа) по перемещению единичной точечной массы из бесконечности в данную точку поля.

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

Напряженность **f = -grad V**

$$gradV = -(\frac{\partial V}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial V}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial V}{\partial z}\vec{k})$$

$$\angle(f_X, f) = \alpha \qquad \angle(f_Z, f) = \gamma \qquad \angle(f_Y, f) = \beta$$



$$\frac{\partial V}{\partial x} = V_X = f \cdot \cos\alpha = f_X$$

$$\frac{\partial V}{\partial y} = V_Y = f \cdot \cos\beta = f_Y$$

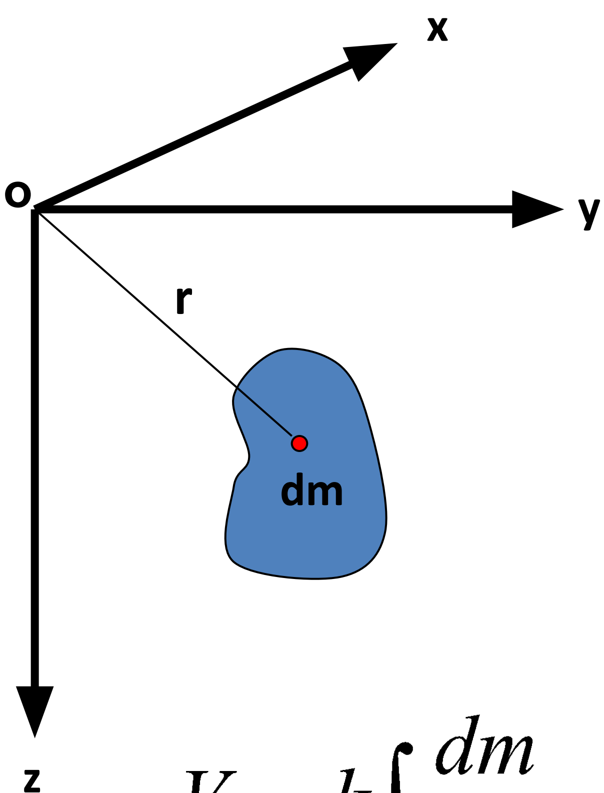
$$\frac{\partial V}{\partial z} = V_Z = f \cdot \cos\gamma = f_Z$$

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

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

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

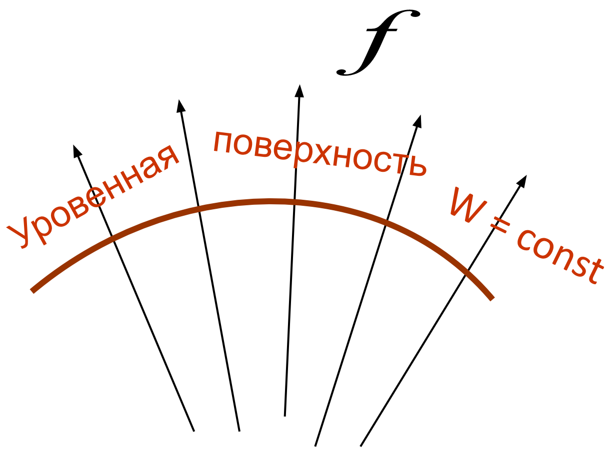
Для произвольных (объемных) масс



$$V = k\int\limits_V \frac{dm}{r} = k\iiint\limits_V \frac{\sigma(dx\cdot dy\cdot dz}{r}$$

$$f = k\int\limits_V \frac{dm}{r^2} = k\iiint\limits_V \frac{\sigma(dx\cdot dy\cdot dz)}{r^2}$$

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

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

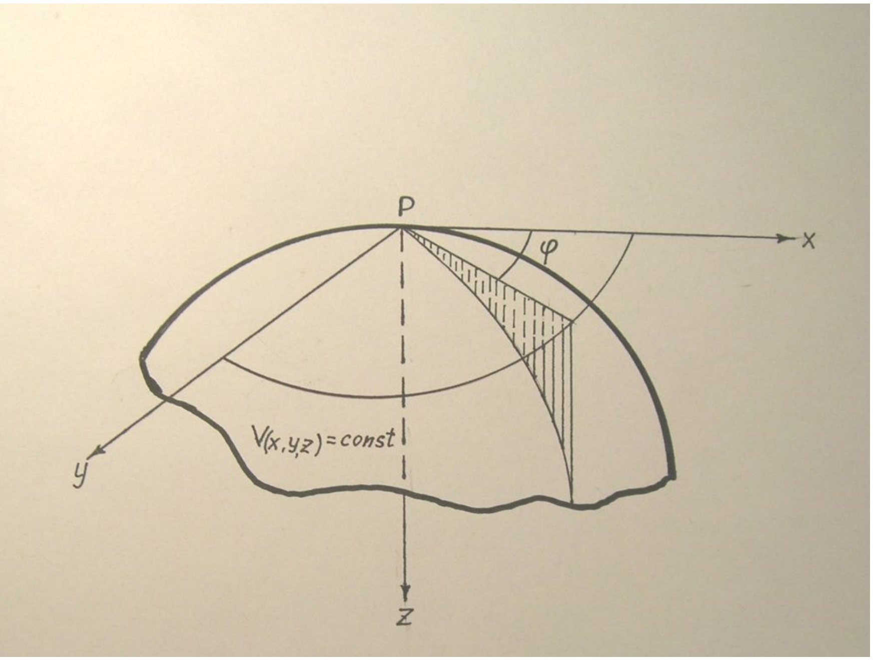
V_{XZ}, V_{YZ}, V_{ZZ} – производные ускорения силы тяжести по осям координат и определяют скорость изменения g по направлениям этих осей

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

$$\frac{1}{\rho_\varphi} = \frac{1}{g}(V_{XX}\cos^2\varphi + V_{XY}\sin 2\varphi + V_{YY}\sin^2\varphi)$$

$$\frac{1}{\rho_{XZ}} = -\frac{1}{g}V_{XX} \qquad \frac{1}{\rho_{YZ}} = -\frac{1}{g}V_{YY}$$

$$\left(\frac{1}{\rho_{\max}} - \frac{1}{\rho_{\min}}\right) = \frac{1}{g}\frac{V_\Delta}{\cos 2\varphi_0} \qquad V_\Delta = V_{YY} - V_{XX}$$

Пусть углом φ_0 определяется сечение с максимальной кривизной

Тогда вектор разности кривизн (вектор кривизны)

$$R = g\left(\frac{1}{\rho_{\max}} - \frac{1}{\rho_{\min}}\right)$$

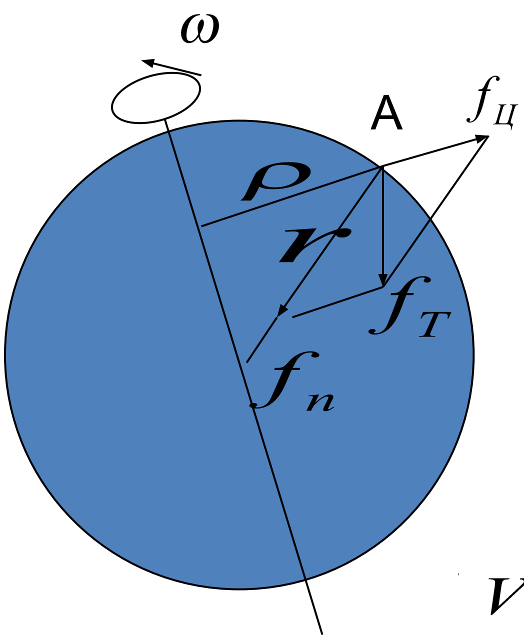
Для сферы R = 0

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 – $\frac{1}{c^2} = 10^9$ *Этвеш* 1 мгл/км = 10 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

$$W = V_n + U_Ц$$

$$V_n = k\int_V \frac{dm}{r} \qquad U_Ц = \frac{\omega^2}{2}\rho^2$$

$$f_n = k\frac{M}{r^2} \qquad f_Ц = \rho\omega^2 \qquad \omega = \frac{2\pi}{86164}$$

$f_n =$ 978 гал – на экваторе
983 гал - на полюсе

$R_{ЭКВ}$ = 6378,16 км
$R_{ПОЛ}$ = 6356,18 км

$\Delta R =$ 21,98 км

Практическая работа № 1

1. **Определите для северных районов Томской области (широта 60^o) потенциал силы тяжести, ускорение силы тяжести и оцените (в %) вклад каждой составляющей в эти величины при сферической форме Земли с массой 5,976*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 г/см^3. Плотность вмещающих пород 2,7 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 г/см^3, сделайте выводы о распределении плотности внутри Земли.**