O princípio de Arquimedes pode ser deduzido das equações de Navier-Stokes para um fluido:

$$\rho_f\left[\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t}+\mathbf{v}(\nabla\cdot\mathbf{v})\right]=\mu\Delta\mathbf{v}-\nabla p+\rho_f\mathbf{g}$$

Sendo: ρ_f a densidade do fluido, v a velocidade, p a pressão estática, μ a viscosidade e g a aceleração da gravidade. Da condição do que o fluido está em repouso resulta:

$$0=-\nabla p+\rho_f\mathbf{g}$$

A partir dessa relação, podemos reescrever facilmente as forças que atuam em um corpo submerso em termos do peso do fluido deslocado pelo corpo. Quando um sólido K é imerso em um fluido, em cada ponto de sua superfície, uma força ($\vec{f}$) por unidade de área aparece perpendicular à superfície naquele ponto e proporcional à pressão do fluido (p) nesse ponto:

$$\vec{f}=p\,\vec{n}$$

Sendo $\vec{n}$ o vetor normal à superfície do corpo em cada ponto.

Para determinar a força resultante devemos integrar por toda a área do corpo. Assim cada uma das componentes da força pode ser expressa individualmente, e ao aplicar o teorema da divergência de Stokes obtemos:

$$\begin{cases}F_x=\int_{S_K} f_x dS=\int_{S_K} -pn_x dS\\ F_y=\int_{S_K} f_y dS=\int_{S_K} -pn_y dS\\ F_z=\int_{S_K} f_z dS=\int_{S_K} -pn_z dS\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}F_x=\int_{V_K}\dfrac{\partial(-pn_x)}{\partial x}dV\\ F_y=\int_{V_K}\dfrac{\partial(-pn_y)}{\partial y}dV\\ F_z=\int_{V_K}\dfrac{\partial(-pn_z)}{\partial z}dV\end{cases}$$

Onde a força resultante será:

$$\Rightarrow\qquad \mathbf{F}=\int_{\partial V_K} -p\mathbf{n}\cdot d\mathbf{S}=\int_{V_K} -\nabla p\,dV=\int_{V_K} -\rho_f\mathbf{g}\,dV=-\rho_f\mathbf{g}\,V_K$$

Distribuição da pressão e das forças sob um cubo solido imerso num liquido incompressível repouso.