Proof # 1

$$\begin{aligned}
\frac{n!}{r!(n-r)!} &= \frac{(n-1)!}{r!(n-1-r)!} + \frac{(n-1)!}{(r-1)!((n-1)-(r-1))!} \\
&= \frac{(n-1)!}{r!(n-1-r)!} + \frac{(n-1)!}{(r-1)!(n-r)!} \\
&= \dots \\
&= \frac{(n-r+r)(n-1)!}{r(r-1)!(n-r)(n-r-1)!} \\
&= \frac{(n)(n-1)!}{r(r-1)!(n-r)(n-r-1)!} \\
&= \frac{n!}{r!(n-r)!}
\end{aligned}$$

Proof #2

$$\begin{gathered}
\varphi = \exists_x : \forall_y : y \in x \\
\forall_x (x \neq \emptyset \to \exists_y \in x(y \cap x = \emptyset)) \\
\exists_x (x \neq \emptyset \to \forall_y \in x(y \cap x \neq \emptyset)) \\
\exists_y \in x(y \cap x \neq \emptyset) \\
\{y \cap x = \emptyset, y \cap x \neq \emptyset\} \vdash \phi
\end{gathered}$$

Formula # 1

$$T(n) = \left(T\left(\frac{n}{2^i}\right) + \sum_{k=0}^{i-1} \left(\log_2 \frac{n}{2^k}\right) \right) + 1$$