4.

(1) $(\forall x)(P(x) \vee Q(x))$

$= (P(1) \vee Q(1)) \wedge (P(2) \vee Q(2))$

$= T$

(2) $(\forall x)(P \rightarrow Q(x)) \vee R(a)$

$= (\forall x)(Q(x)) \vee R(3)$

$= (\forall x)(Q(x))$

$= Q(-2) \wedge Q(1) \wedge Q(2) \wedge Q(3) \wedge Q(5) \wedge Q(6)$

$= F$

(3) $(\exists x)(P(x) \rightarrow Q(x))$

$= (P(0) \rightarrow Q(0)) \vee (P(1) \rightarrow Q(1)) \vee (P(2) \rightarrow Q(2))$

$= T$

5.

(7) $P(x)$：x是在北京工作的人

$Q(x)$：x是北京人

$(\exists x)(P(x) \wedge \neg Q(x))$

(9) $P(x)$：x是金属

$Q(x,y)$：x可溶解在y中

$S(x)$：x是液体

$(\forall x)(P(x) \rightarrow (\exists y)(S(y) \wedge Q(x,y)))$

6.

(4) 任一实数不是有理数就是无理数

(6) 任一正整数不是偶数就是奇数

(7) 没有同时是正整数、偶数、奇数的数

(9) 任一正整数都是有理数，并且不是任一有理数都是正整数

7.

(3) $(\forall x)P(x) \wedge (\exists x)Q(x)$

$= P(a) \wedge P(b) \wedge P(c) \wedge (Q(a) \vee Q(b) \vee Q(c))$

(5) $(\forall x) \neg P(x) \vee (\forall x) P(x)$

$= (\neg P(a) \wedge \neg P(b) \wedge \neg P(c)) \vee (P(a) \wedge P(b) \wedge P(c))$

(6) $(\exists x)(\forall y) P(x,y)$

$= (\forall y)P(a,y) \vee (\forall y)P(b,y) \vee (\forall y)P(c,y)$

$= (P(a,a) \wedge P(a,b) \wedge P(a,c))$

$\vee (P(b,a) \wedge P(b,b) \wedge P(b,c))$

$\vee (P(c,a) \wedge P(c,b) \wedge P(c,c))$

(7) $(\forall x)(\exists y)(P(x,y) \rightarrow Q(x,y))$

$= (\exists y)(P(a,y) \rightarrow Q(a,y)) \wedge$

$(\exists y)(P(b,y) \rightarrow Q(b,y)) \wedge$

$(\exists y)(P(c,y) \rightarrow Q(c,y))$

$= ((P(a,a) \rightarrow Q(a,a)) \vee (P(a,b) \rightarrow Q(a,b)) \vee (P(a,c) \rightarrow Q(a,c))) \wedge$

$((P(b,a) \rightarrow Q(b,a)) \vee (P(b,b) \rightarrow Q(b,b)) \vee (P(b,c) \rightarrow Q(b,c))) \wedge$

$((P(c,a) \rightarrow Q(c,a)) \vee (P(c,b) \rightarrow Q(c,b)) \vee (P(c,c) \rightarrow Q(c,c)))$

(9) $(\exists x)(\exists y)P(x,y)$

$= (\exists y)P(a,y) \vee (\exists y)P(b,y) \vee (\exists y)P(c,y)$

$= P(a,a) \vee P(a,b) \vee P(a,c) \vee P(b,a) \vee P(b,b) \vee P(b,c) \vee P(c,a) \vee P(c,b) \vee P(c,c)$

8.

(2) 普遍有效的

(3) 可满足的

(6) 普遍有效的

(7) 可满足的

9. $P(x)$: $x=2$

$(\exists x)P(x)$

10.

(7) $(\forall x)(\forall y)(P(x,y)\to P(y,x))$

$=(\forall y)(P(a,y)\to P(y,a))\wedge$

$(\forall y)(P(b,y)\to P(y,b))$

$=(P(a,a)\to P(a,a))\wedge(P(a,b)\to P(b,a))$

$\wedge(P(b,a)\to P(a,b))\wedge(P(b,b)\to P(b,b))$

$=T$

(8) $(\exists y)(\forall x)P(x,y)$

$=(\forall x)P(x,a)\vee(\forall x)P(x,b)$

$=(P(a,a)\wedge P(b,a))\vee(P(a,b)\wedge P(b,b))$

$=F$