

1.

Лямбда-выражения называются альфа-эквивалентными, если их можно альфа-преобразовать (изменить имена связанных переменных) в одно выражение. В предложенных примерах:

1. $\lambda xy.xz [x := m, y := n] = \lambda mn.mz$ (вариант b)
2. $\lambda xy.xxy [x := a, y := b] = \lambda a(\lambda b).aab$ (вариант c)
3. $\lambda xyz.zx [x := t, y := o, z := s] = \lambda tos.st$ (вариант b)

2.

Комбинаторы - замкнутые выражения (не содержащие свободных переменных). Из предложенных в задании вариантов комбинаторами являются:

$\lambda x.xxx$ (вариант 1), $\lambda xyz.xu(zx)$ (вариант 3), $\lambda xyz.xu(zxu)$ (вариант 4)

3.

1. $(\lambda x.xxx)a = aaa$ (в исходное выражение подставили аргумент a)

К полученному выражению нельзя применить бета-редукцию \Rightarrow оно в бета-нормальной форме.

2. $(\lambda z.zz)(\lambda y.yy) = (\lambda y.yy)(\lambda y.yy)$

Полученное выражение альфа-эквивалентно исходному \Rightarrow исходное выражение нельзя редуцировать к бета-нормальной форме.

3. $(\lambda x.xxx)z = zzz$

К полученному выражению нельзя применить бета-редукцию \Rightarrow оно в бета-нормальной форме.

4.

1. $(\lambda abc.cba)zz(\lambda wv.v) = (\lambda wv.v)zz = z$
2. $(\lambda xy.xyy)(\lambda a.a)b = (\lambda a.a)bb = bb$
3. $(\lambda y.y)(\lambda x.xx)(\lambda z.zq) = (\lambda x.xx)(\lambda z.zq) = (\lambda z.zq)(\lambda z.zq) = (\lambda z.zq)q = qq$
4. $(\lambda z.z)(\lambda z.zz)(\lambda z.zy) = (\lambda z.z)[z := y](\lambda z.zz)[z := x](\lambda z.zy) = (\lambda z.zy)(\lambda z.zy)$ (см. 3) = yy
5. $(\lambda xy.xyy)(\lambda y.y)[y := z]y = (\lambda z.z)yy = yy$
6. $(\lambda a.aa)(\lambda b.ba)c = (\lambda b.ba)(\lambda b.ba)c = (\lambda b.ba)ac = aac$
7. $(\lambda xyz.xz(yz))[z := m](\lambda x.z)[x := k](\lambda x.a) = \lambda m.(\lambda k.z)m((\lambda x.a)m) = \lambda m.za$