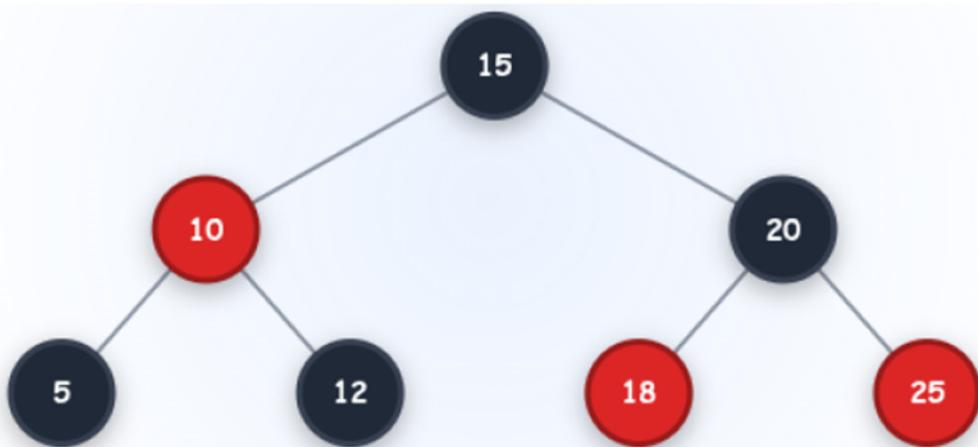
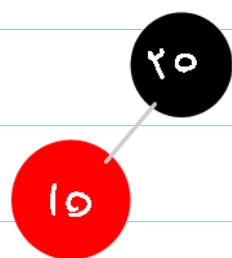
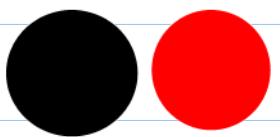


الف) درخت قرمز-سیاه زیر را در نظر بگیرید. یک ترتیب از insertion، با شروع از نود 20 ارائه دهید که این درخت را خروجی می‌دهد. (راهنمایی: می‌توانید یک بار یک نود دلخواه را insert و سپس delete کنید، به جز این مورد اجازه‌ی استفاده از delete را ندارید)

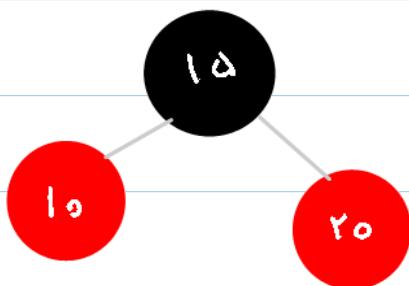


۲۰

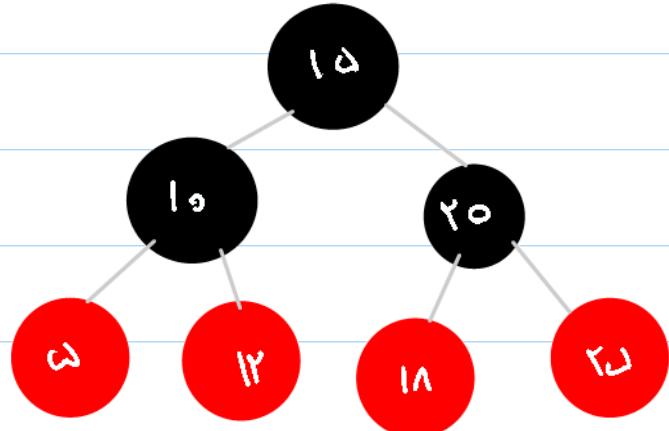
درج :



درج ۱۵ :

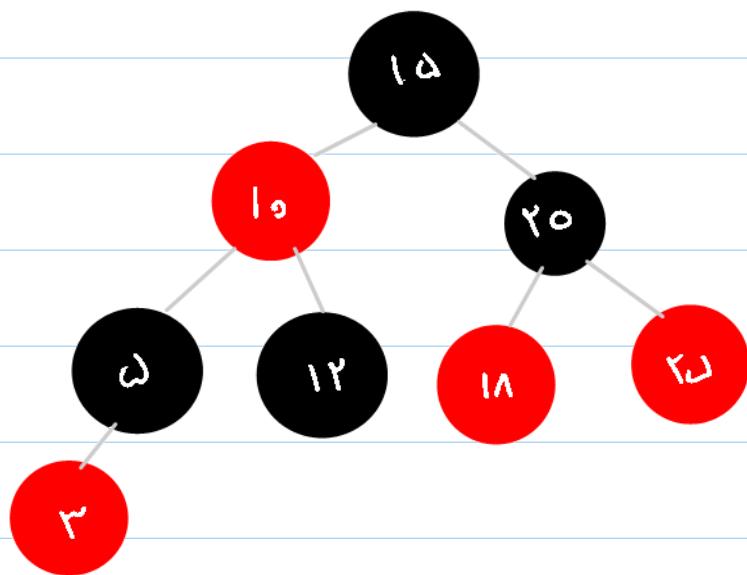


درج ۱۵ :

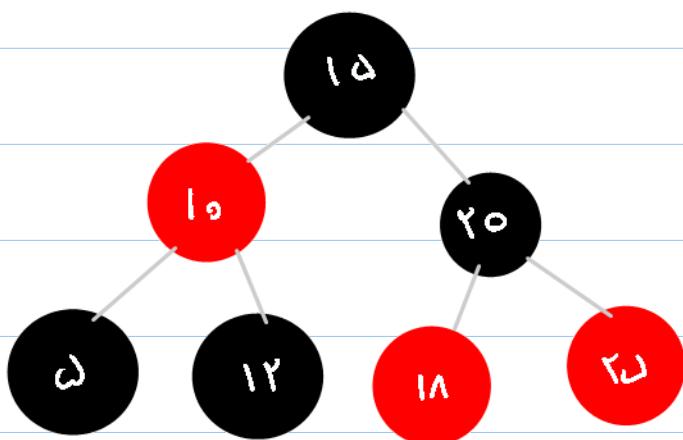


درج ۱۸ و ۲۵ در ۱۹ :

درج ۳ :



حذف ۳ :



ب) در کد مربوط به insert در درخت قرمز-سیاه، تابعی به نام fixViolation() تعریف می شود.
در صورتی که امکان نقض قوانین درخت قرمز-سیاه، بعد از انجام insertion وجود داشته باشد، این تابع با انجام دنباله ای از اعمال، این violation را اصلاح می کند.

- باگ (یا نقض منطقی) موجود در پیاده سازی این تابع را مشخص کنید.
- درختی ارائه دهید که به دلیل این نقض، پس از اجرای کامل عملیات insert، درخت نهايی همچنان ناقص يکی از قوانین درخت قرمز-سیاه باشد.
- مشخص کنید کدام قانون درخت قرمز-سیاه نقض شده است و چرا این تابع قادر به اصلاح آن نبوده است.
- توضیح دهید که پیاده سازی درست این تابع به طور کلی چگونه حالات مختلف نقض قوانین را تشخیص داده و اصلاح می کند.

```

while node != root and node.parent.color == RED:

    parent = node.parent
    grandparent = parent.parent
    uncle = getUncle(node)

    if uncle != null and uncle.color == RED:
        parent.color = BLACK
        uncle.color = BLACK
        grandparent.color = RED
        → node = grandparent

    else:
        if parent == grandparent.left:

            if node == parent.left:
                rightRotate(grandparent)
                swapColors(parent, grandparent)
            else:
                leftRotate(parent)
                rightRotate(grandparent)
                swapColors(node, grandparent)

        else:
            if node == parent.left:
                rightRotate(parent)
                leftRotate(grandparent)
                swapColors(node, grandparent)
            else:
                leftRotate(grandparent)
                swapColors(parent, grandparent)

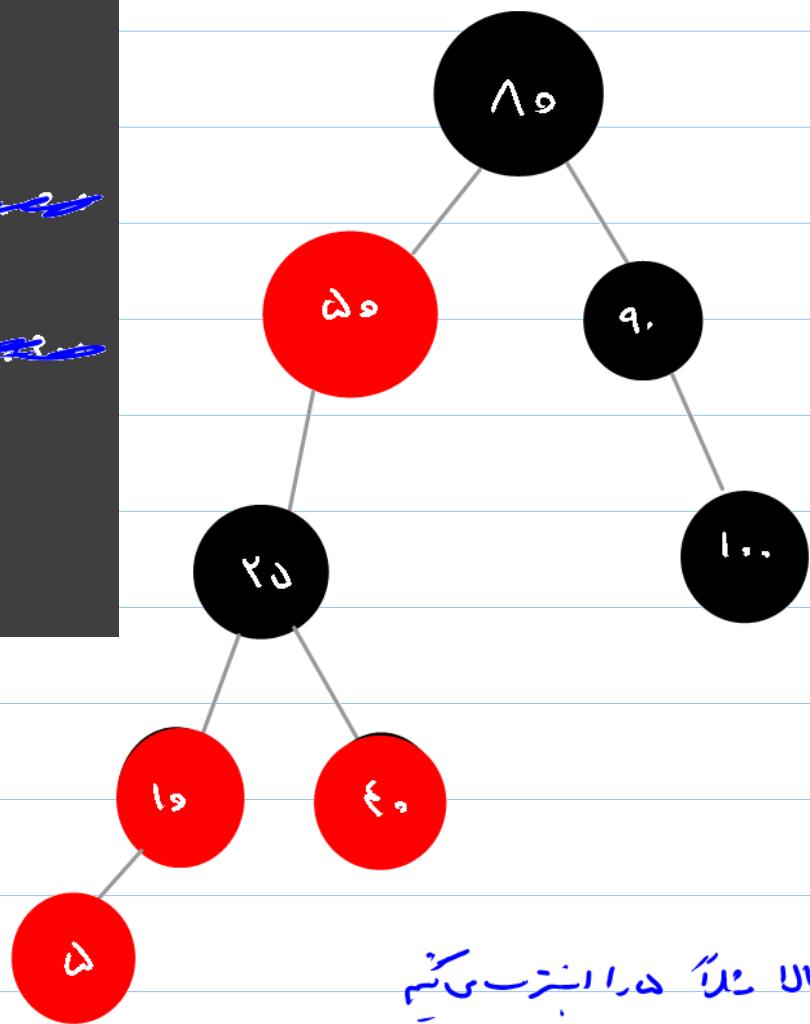
    root.color = BLACK

```

بآگ: در صورتی که محمد، مرتضی بالله و پدر بزرگ
مرتضی سده، باید تا ۲۰۰۰ رفت و پدران را بکرد

در دانشگاه آموزش در ایرانی جامانده است

node = grand Parent



حالا ملّا هر اینترنیشن

۲۰ قریں سو را دار ہے مغلی، ولی بھئہ۔ ۵۰ مہر زلات میں این رواہ نباید گردان

مرزینہ قرآن دارستہ بالہ، منتظر میں نہ در

اس تاung ایگرہہ حمل یا نہد: تادقت کے بارے میں ۲۰۰۰ زیر سیدم و پلدر مرمنہ اداہہ بدھ:

اُمَّرَ حِمْوَدِ دِيرِ مَرْسَى بُودَدَهُ هے آن سارِ ایکھی کئی، پُدر بُرگ را فرز و بانو د پُدر بُرگ کا ریکن

اگر حمو سیاه بود و پدر مژن بود :

۱) گره فرزند چپ و پدر فرزند دیپ : چرفی براست مدل پدر بزرگ + معربینی دنگ پدر و پدر بزرگ

۲) گره فرزند راست و پدر فرزند راست : چرفی به چپ مدل پدر بزرگ + معربینی دنگ پدر و پدر بزرگ

۳) گره فرزند راست و پدر فرزند دیپ : چرفی به چپ مدل پدر ، چرفی راست مدل پدر بزرگ
+ معربینی دنگ گره با پدر بزرگ

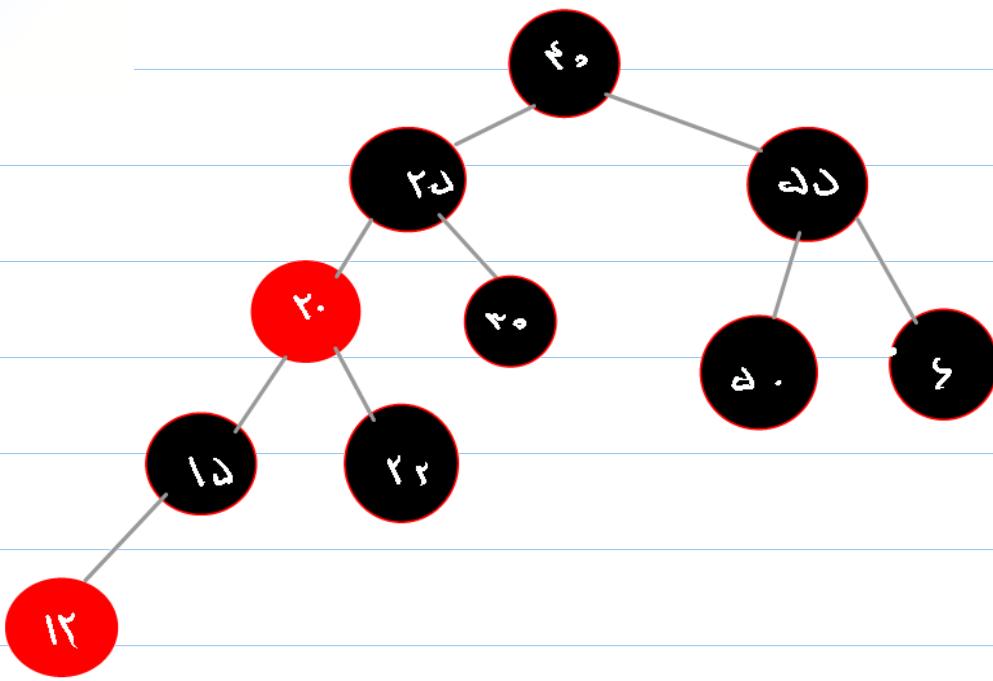
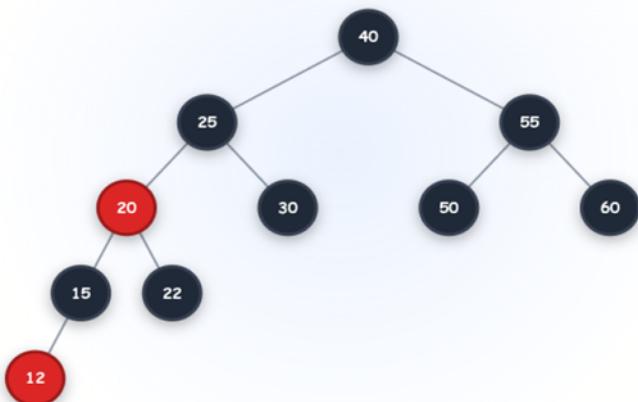
۴) گره فرزند چپ و پدر فرزند راست : چرفی براست مدل پدر ، چرفی به چپ مدل پدر بزرگ
+ معربینی دنگ گره با پدر بزرگ

پ) مقادیر زیر را به ترتیب از چپ به راست از درخت زیر حذف کنید.

در هر مرحله، مراحل انجام حذف را توضیح دهید و درخت حاصل را رسم کنید؛ سپس حذف بعدی را روی درخت به دست آمده انجام دهید.
(هنگام حذف نود با دو فرزند، مقدار آن را **الزاماً** با Inorder Predecessor جایگزین کنید.)

30, 50, 15, 12, 40, 25, 20

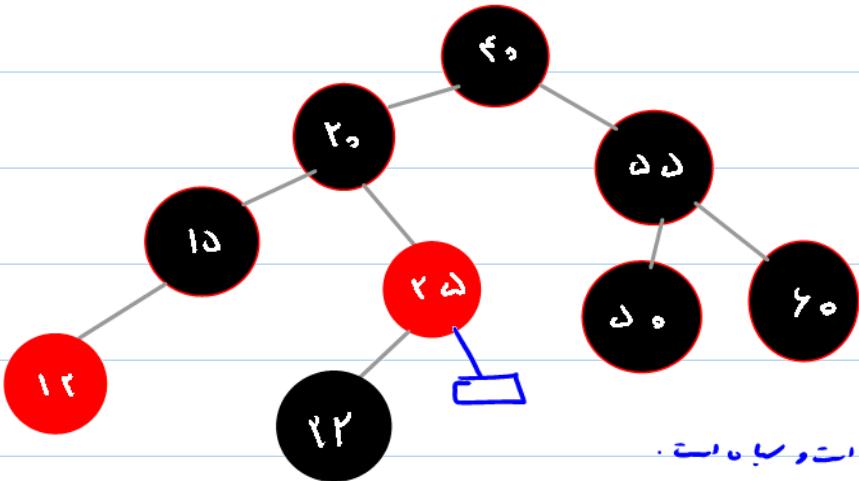
حذف ۲۵: چون گره شئی است، حذف آن چنان راست



۳۰. حذفی نود، یعنی سیاه است، بردار، سیاه است

برادر ۴۰ است، پس که ترکه سه بنت برادر و پدر را حدفا کنیم سه هستی : ۲۰ و ۴۰ و ۵۵

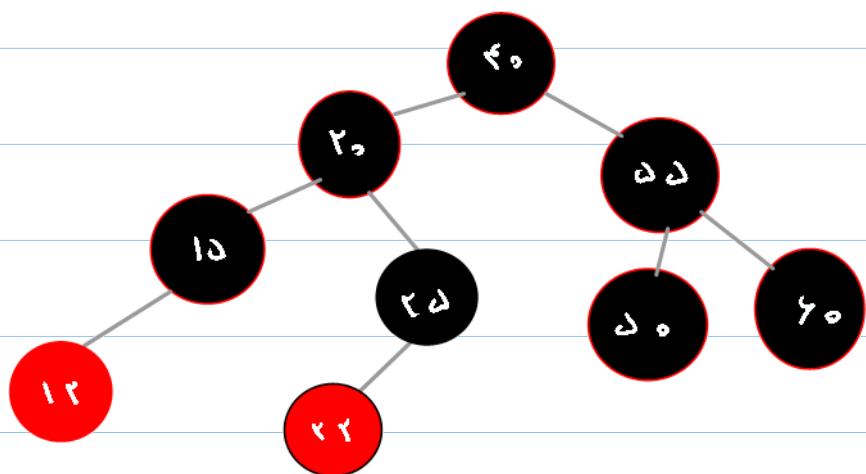
چون راست ندل پدر



اگر $\boxed{25}$ بحذف کرده براحتی ساخته می شود.

فرزند $22/25$ را برگزنشد که سایه می شود.

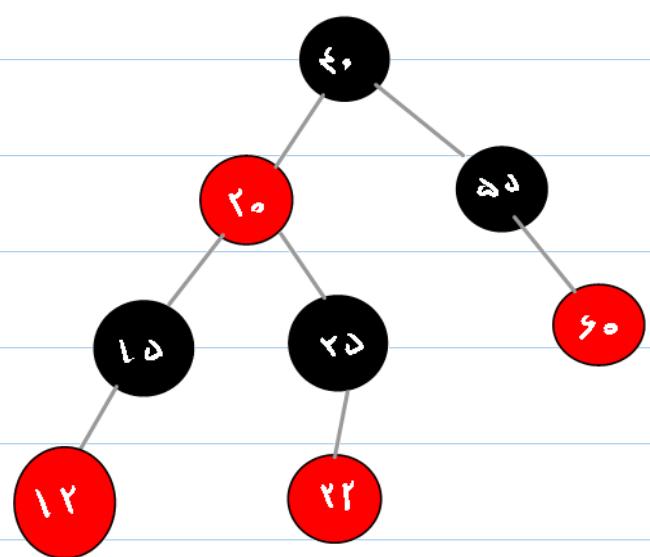
حالا برای برگزنشت 22 ترتیبی درین پرتوی توزیع آن را سایه نمایم.



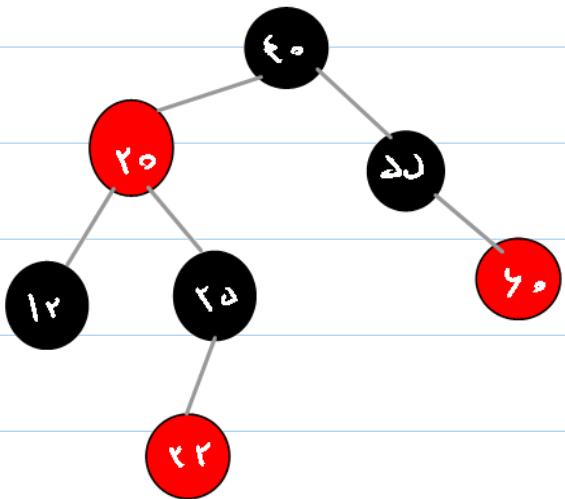
خط ۵۰ : براحتی جواب می شود، سایه ای خودنی ساخته و فرزندانش بسایه می شوند.

۴۰ توزیع داده به پدر متصل نیزد و پدر برگزشت ۴۰ بساوی ۲۰ نیز سایه است.

فرزندان $20/25$ دارای ۵۰ متنی سایه می شوند.

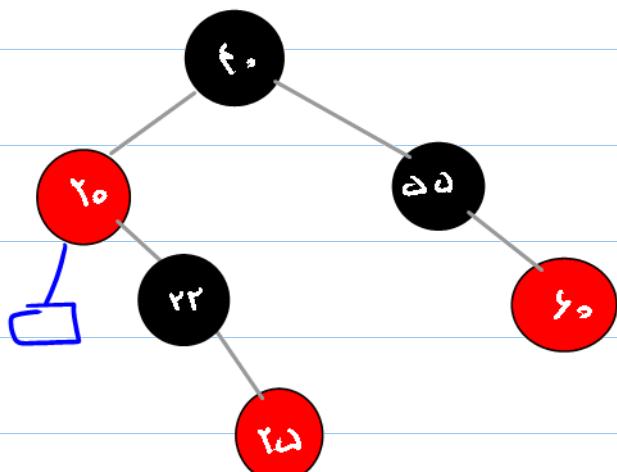


حذت ۱۵ : سیاه باز زند قریب ۱۲ و ۱۳ جایگزین ۱۵ ای شود و رنگ آن مشکل باشید من میگویم



حذت ۱۶ : برادر سیاه، فرزند نیست برادر سیاه که فرزنه

رنگ ۲۲ و ۲۵ را مدعی خواهد



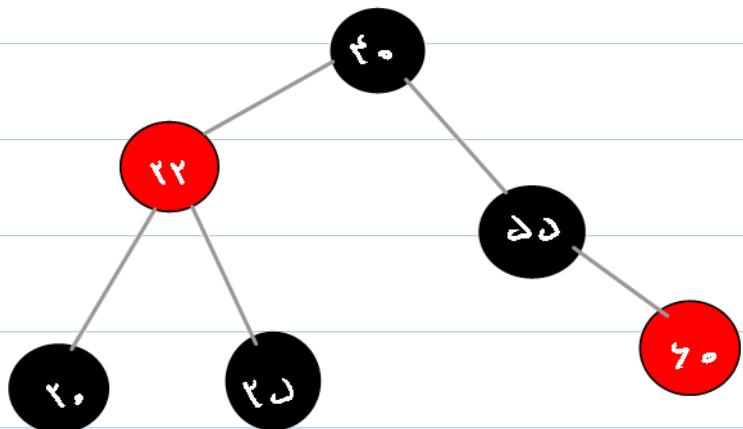
فرزند دور برادر (۲۲) فرزانه

رنگ ۲۲ را بگیرد را در ۲۰ تغییر دهیم

۲۰ سیاه و ۲۲ فرز

فرزند دور را که ۲۵ است سیاه میگیریم

در نهایت بپرسید ۲۰ که زیر



حروف ۴۵ : لغزندار

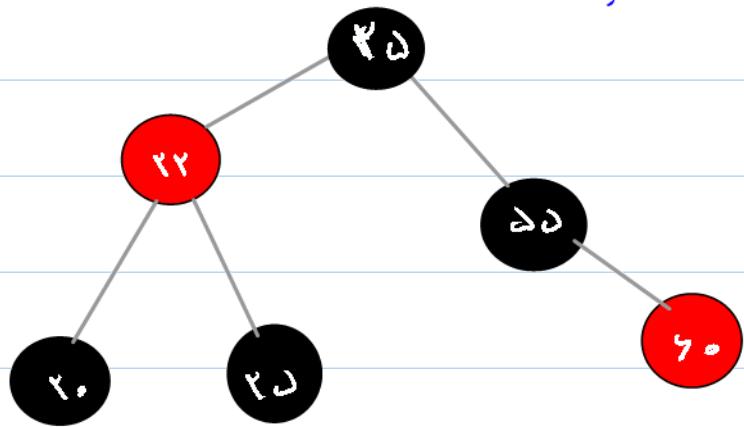
$$iP = ۲۵$$

۴۰ سیور ۲۵ بائین

حالابه ۲۵ را از باین حذف کرد:

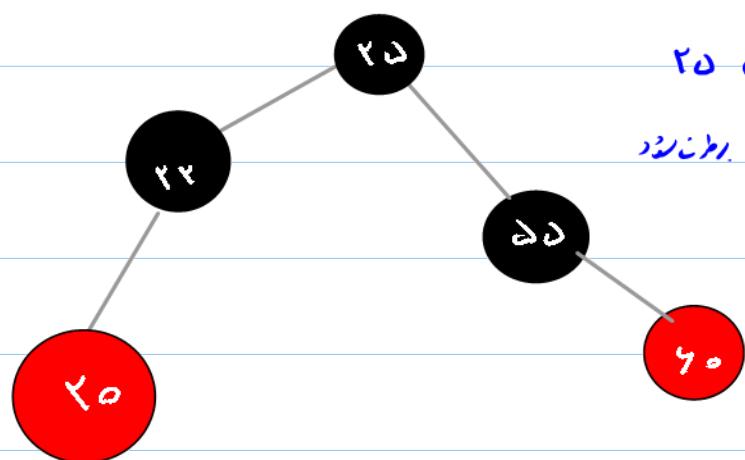
۲۵ سیاه برادر ۲۰ با ۲ فرزنه سیاه

۲۰ را قمزیم و رنگی را باید مردمی مینمایم



حروف ۶۵ : لغزندار ۱۸ = ۲۲ بائین ۲۵

در سمت ای ۲۲ بائین ۲۵ برادر ۲۰ باید سیاه شکل را نماید



حروف ۲۰ : بداری دد سیاه با پر نوزده قزر دوست

نوزده دور برادر دوست

رنگ ۵۵ را به پدر یورشیر می‌بینیم

نوزده دور در ۲۰ را سیاه می‌نمایم

پر نوچی ددل ۲۲

