1. 考虑在公共属性 a 上连接关系 R(a,b)和 S(a,c,d)，假设表上没有可用的索引来加速连接算法。
缓冲区中有 B=75 页
表 R 包含 M= 2400 个页面，每个页面包含 80 个元组
表 S 包含 N = 1200 个页面，每个页面包含 100 个元组
请回答以下关于计算连接的 I/O 开销的问题。您可以假设最简单的开销模型，即每次只读写一个页面。你还可以假设你需要一个缓冲块来保存演变中的输出块，以及一个输入块来保存内部关系的当前输入块。你可以忽略写最终结果的成本。

A．以 S 为外部关系，R 为内部关系的散列连接。您可以忽略递归分区和部分填充的块。划分阶段的成本是多少?

$$2 \times (M + N) = 2 \times (2,400 + 1,200) = 2 \times 3,600 = 7,200$$

B．以 R 为外部关系，S 为内部关系的块嵌套循环连接:

$$M + \lceil \frac{M}{B-2} \rceil \times N = 2,400 + \lceil \frac{2,400}{73} \rceil \times 1,200 = 2,400 + 39,600 = 42,000$$

C．以 S 为外部关系，R 为内部关系的块嵌套循环连接:

$$N + \lceil \frac{N}{B-2} \rceil \times M = 1,200 + \lceil \frac{1,200}{73} \rceil \times 2,400 = 1,200 + 40,800 = 42,000$$

2. 设关系 R(X, Y)和 S(Y, Z)，R 共有 1000 个元组，S 共有 1500 个元组，每个块中可容纳 20 个 R 元组或 50 个 S 元组。S 中 Y 不同值的个数为 20。
(1) 若在 S.Y 上建有聚簇索引，估计 R 和 S 基于索引连接的 IO 代价。
IO 代价为 1000/20 + 1000 * ceil(1500/50/20) = 2050

(2) 若在 S.Y 上建有非聚簇索引，估计 R 和 S 基于索引连接的 IO 代价。
IO 代价为 1000/20 + 1000 * 1500/20 = 75050

3. 已知 2 个关系 R(A, B)和 S(B, C)，其主键分别为 R.A 和 S.B。R 有 40000 个元组，S 有 60000 个元组，一块中可以容纳 20 个 R 元组或 30 个 S 元组。设 2 个关系均采用聚簇存储，且每个关系中的元组均已按照其主键值递增排序。现在要执行自然连接操作 R ⋈ S。设缓冲区中可用内存页数为 M = 41。回答下列问题：
(1) 采用嵌套循环连接算法执行 R ⋈ S 分别需要进行多少次 I/O？给出具体分析过程。
答: R 做外关系，用 40 个块存，S 做内关系 用 1 个块存:
I/O= 50+（2000*2000）/40 =100050

(2) 采用归并连接算法执行 R ⋈ S 分别需要进行多少次 I/O？给出具体分析过程。
根据题意，外存中存储 R 的结果需要占用 40000/20=2000 个块。

外存中存储 S 的结果需要占用 60000/30=2000 个块。

算法第一阶段 I/O 代价分析：因为 R 中元组未按属性 R.B 进行排序，所以首先需要对 R 建立归并段，需要执行 2B（R）=4000 次 IO。因为 S 中的元组已经按照属性 S.B 进行排序，所以无需对 S 建立归并段。因此算法第一阶段需要执行 4000 次 IO。

算法第二阶段的 IO 代价分析：因为 M-1=40，所以 R 的归并段数量为 B（R）/40=50。归并段数量超过了可用内存页数，故无法使用排序归并连接。

(3) 设 R.B 是关系 R 的外键，参照 S.B。如果 R ⋈ S 的结果中元组的平均大小是 R 中元组平均大小的 1.2 倍，R ⋈ S 的结果中元组的平均大小是 S 中元组平均大小的 2 倍，那么在外存中存储 R ⋈ S 的结果需要占用多少个块（页）？给出具体分析过程。

因为 R.B 是关系 R 的外键，所以 R ⋈ S 的结果中包含的元组数一定与 R 的元组数相同。

因为 R ⋈ S 的结果中元组的平均大小是 R 的 1.2 倍，则 1.2*（40000/20）=2400 个块。

4. 设教学管理数据库有如下 3 个关系模式：

S(S#, SNAME, AGE, SEX)

C(C#, CNAME, TEACHER)

SC(S#, C#, GRADE)

其中 S 为学生信息表、SC 为选课表、C 为课程信息表；S#、C#分别为 S、C 表的主码，(S#, C#)是 SC 表的主码，也分别是参照 S、C 表的外码

用户有一查询语句：

Select SNAME

From S, SC, C

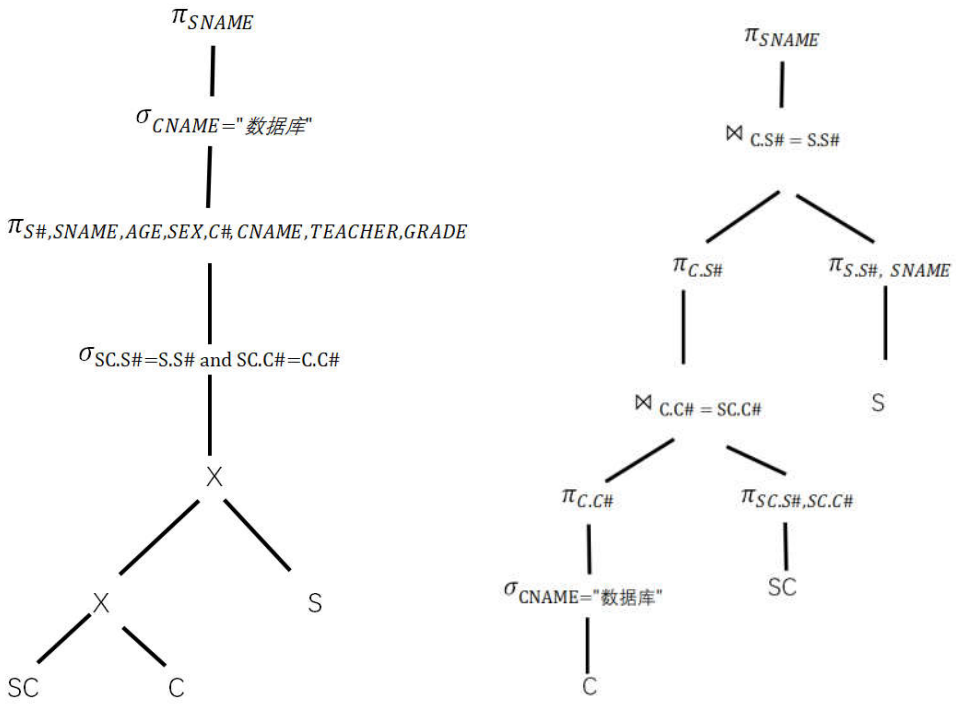
Where SC.S#=S.S# and SC.C#=C.C# and CNAME= “数据库”

检索选学“数据库”课程的学生的姓名。

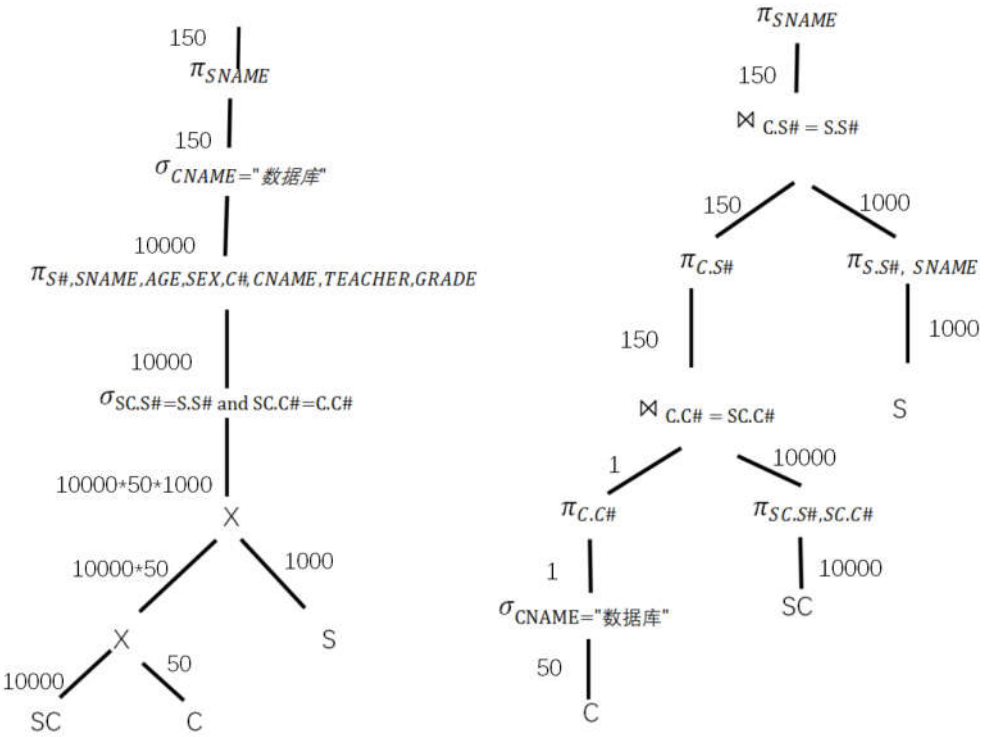
(1)写出以上 SQL 语句所对应的关系代数表达式。

$$\Pi_{SNAME}(\sigma_{CNAME="数据库"\wedge SC.S\#=S.S\#\wedge SC.C\#=C.C\#}(SC \times C \times S))$$

(2)画出上述关系代数表达式所对应的查询计划树。使用启发式查询优化算法，对以上查询计划树进行优化，并画出优化后的查询计划树。



(3)设 SC 表有 10000 条元组，C 表有 50 条元组，S 表中有 1000 条元组，SC 中满足选修数据库课程的元组数为 150，计算优化前与优化后的查询计划中每一步所产生的中间结果大小

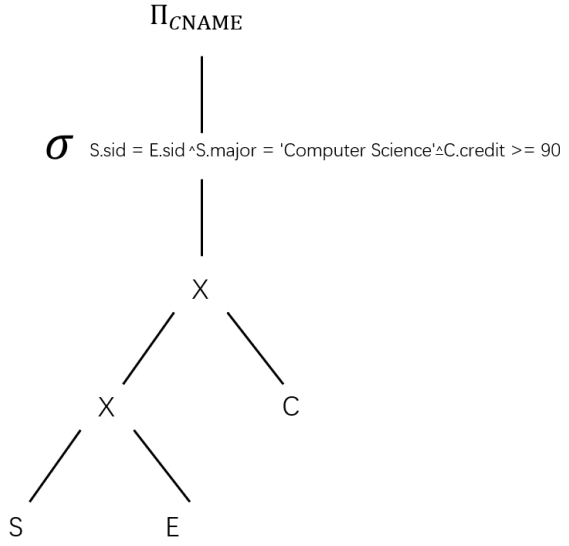


5. 给定以下关系模式，

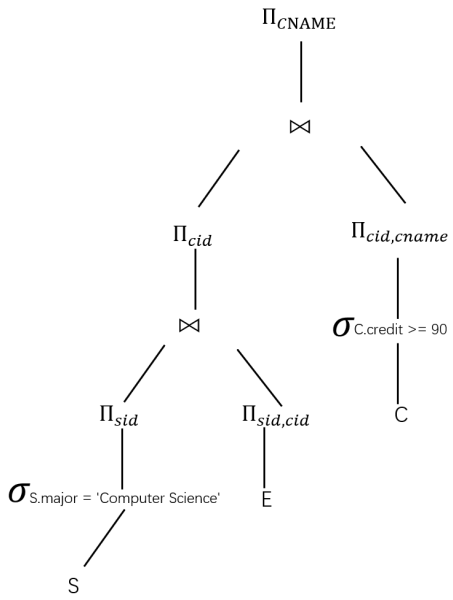
```
Student (sid, sname, major)
Course (cid, cname, credit)
Enrollment (sid, cid, grade)
```

(1) 考虑以下的 SQL 查询语句，绘制其查询计划树。

```
SELECT C.name
FROM Student S, Course C, Enrollment E
WHERE S.sid = E.sid
AND S.major = 'Computer Science'
AND C.credit >= 90;
```



(2) 假设在 Student.major 和 Enrollment.sid 上建有索引，绘制优化后的查询计划树。



6. 已知一个关系数据库的模式如下：

关系 B(bno, bname, author)为图书表，其中 bno 为书号，bname 为书名，author 为作者；

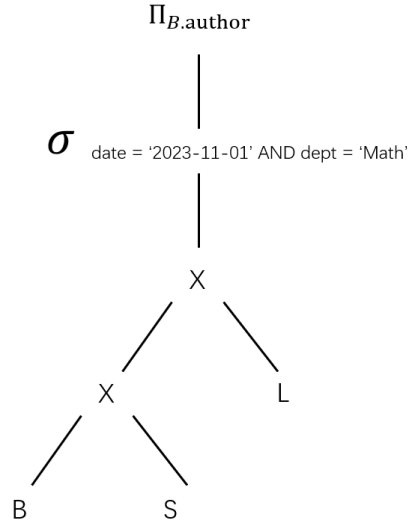
关系 S(sno, sname, dept)为学生表，其中 sno 为学号，sname 为姓名，dept 为学生所在系；

关系 L(sno, bno, date)为借书表，其中 sno 为学号，bno 为书号，date 为借书时间。

回答下列问题：

(1) 绘制下面的 SQL 查询语句的逻辑查询计划树。

```
SELECT author FROM B NATURAL JOIN S NATURAL JOIN L
WHERE date = '2023-11-01' AND dept = 'Math';
```



(2) 使用启发式查询优化方法对上面的逻辑查询计划树进行优化，绘制优化后得到的逻辑查询计划树，具体说明你进行这些优化的理由。

将选择操作$\sigma_{dept='Math'}$和$\sigma_{date='2023-11-01'}$以及投影操作$\prod b.author$进行下推可以尽早减少中间结果的大小。