

本次作业共提交两个程序，问题 1、2、3 对应程序 FFT.py 文件  
问题 4 对应程序 recurrent.py 文件  
所有程序均直接运行即可。

### 问题 1 通过计算一维傅里叶变换实现图像二维快速傅里叶变换

思路：

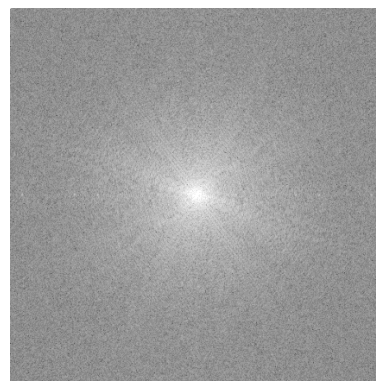
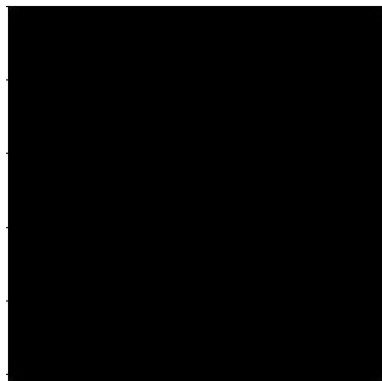
两轮一维傅里叶变换  
通过 abs 取模

结果：

如下图左图所示，什么都看不出来，分析原因是数据太大均超过了 255，所以我加上了中心化和 log 可得出右图所示结果，看得很清晰。

右图思路：中心化；两轮一维傅里叶变换；通过 abs 取模，再取 log 使数据落在 0-255 之间，增强视觉效果。

但是由于第二问需要用第一问的结果图，所以程序仍使用第一个思路。



### 问题 2 图像二维快速傅里叶逆变换

思路：

对 F 取共轭  
傅里叶变换（直接调用问题 1 中的函数）  
除以 MN（即图像尺寸），再取共轭

结果：



### 问题 3：测试图像二维快速傅里叶变换与逆变换

思路：

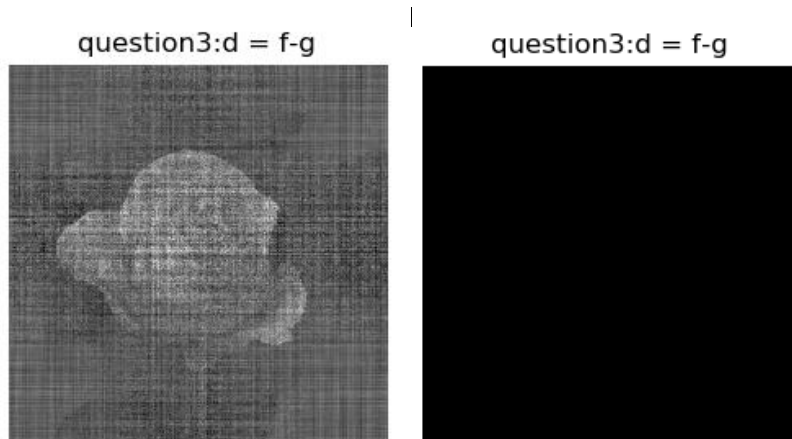
直接调用 1, 2 题中的程序，只需另加对图片的归一化。

归一化即  $f/255$

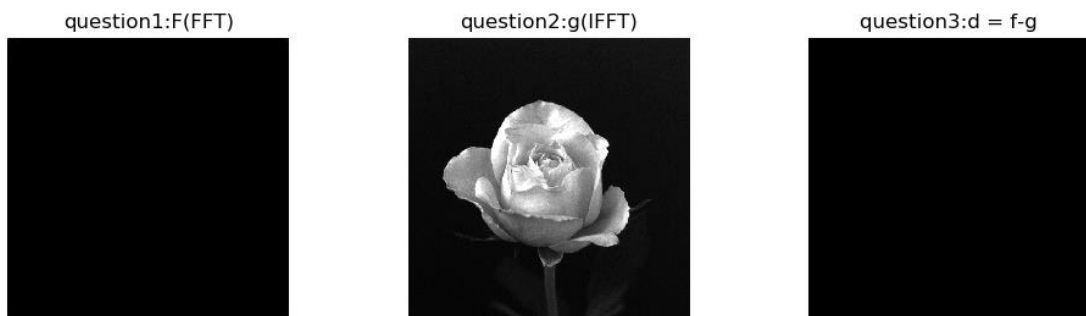
结果：

左图是差值为 float。

但应将差值取 int, 所以右图是差值取了 int。程序采用的是将差值取 int。



问题 1、2、3 调用的函数基本一致，所以写在了一个程序中，直接运行程序，可直接得到三道题目的结果，如下图所示。



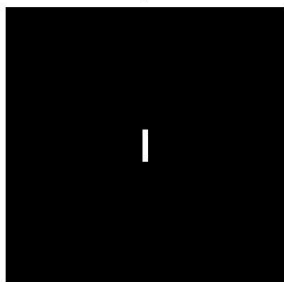
### 问题 4 计算图像的中心化二维快速傅里叶变换与谱图像

思路：

首先构造图像，建立  $512 \times 512$  的零矩阵，中间  $60 \times 10$  像素赋值为 1，完成归一化。b 图直接调用第一题中的函数。b 图通过  $(-1)^{(x+y)}$  来中心化。d 图多加一个  $\log$  来增强视觉效果。

结果：

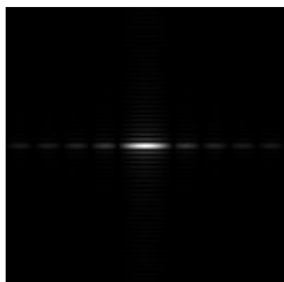
a



b



c



d

