

# گزارش کار تمرین هشتم شبیه‌سازی رایانه‌ای در فیزیک

علی اکرامیان - 99100563

## تمرین 9.1 :

### بخش اول

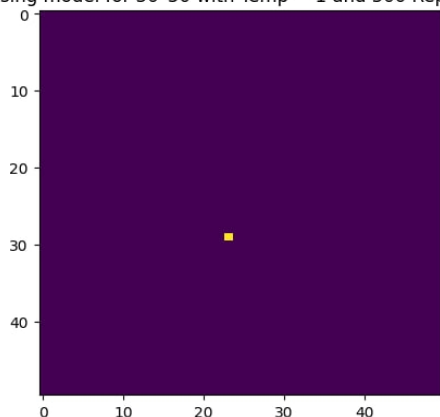
در این تمرین من ابتدا پارامترهای آغازین را تعریف کردم که  $N$  سایز شبکه است ( $N \times N$ ),  $T$  دما،  $J$  ثابتی که ضریب هامیلتونی است و برای راحتی 1 می‌گیرم و  $Rep$  تعداد بارهای تکرار مونت کارلو. ابتدا تابع  $rnd\_mx(N)$  را تعریف می‌کنم که ابعاد را گرفته و یک ماتریس تصادفی  $N \times N$  تولید می‌کند. این ماتریس در بهینه‌سازی و بالابردن سرعت کد کاربرد دارند. سپس یک ماتریس  $M$  می‌سازم که آرایه‌های آن به طور رندوم  $-1$  و  $+1$  هستند و نشان‌دهنده‌ی ماده‌ی مغناطیسی ما هست. حال حال یک تابع  $Ising$  تعریف می‌کنم که کد اصلی ماست. این تابع تشکیل شده از یک حلقه‌ی اصلی که به ازای تعداد قدم‌های مونت کارلو  $Rep$  تکرار می‌شود. در این حلقه دو ماتریس  $A$  و  $B$  تولید می‌شوند و طبق روش مونت کارلو به همه‌ی آرایه‌های ماتریس ماده‌ی مغناطیسی‌مان شانس تغییر می‌دهیم. پس  $N \times N$  بار تکرار می‌کنیم (با دو حلقه روی  $i$  و  $j$ ) سپس آرایه‌ی رندوم را با انتخاب از بین ماتریس‌هایی که ساخته بودم برمی‌دارم (چون طبق گفته‌های کلاس و کانال سریع‌تر است:)) حال تغییر انرژی را حساب می‌کنیم. حال شرط متروپولیس را اجرا می‌کنیم. اگر این تغییر منفی باشد که قطعا قبول است. اگر نبود نیز شرط متروپولیس چک می‌شود و اگر عدد رندوم بین 0 و 1 مان کمتر از توزیع بولتزمن تغییر انرژی بود (که نسبت دو احتمال است که به صورت دلتای انرژی ظاهر می‌شود) نیز قبول می‌شود و اسپین را در حالات قبولی برعکس می‌کنیم. حال این ماتریس نهایی را پرینت می‌کنم و سپس آن را به همان رنگی که پروفایل گروه است کالر‌مپ می‌کنم (=)

در ضمن ثابت بولتزمن را نیز 1 گرفته‌ام. در آخر نیز با سه دمای مختلف تابع آیزینگ را صدا کرده‌ام تا رسم‌ها را کنار هم انجام دهد و قابل مقایسه باشد.

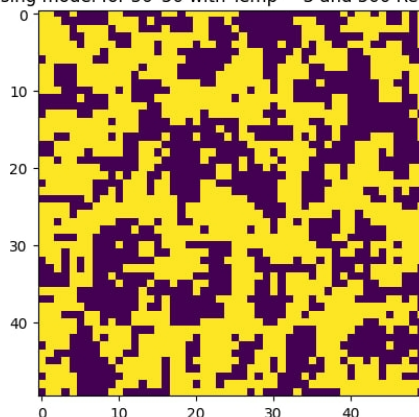
نتایج را می‌بینیم:

برای شبکه‌ی  $50 \times 50$  و تکرار 500 بار شرط مونت کارلو و سه دمای مختلف 1 و 3 و 5.

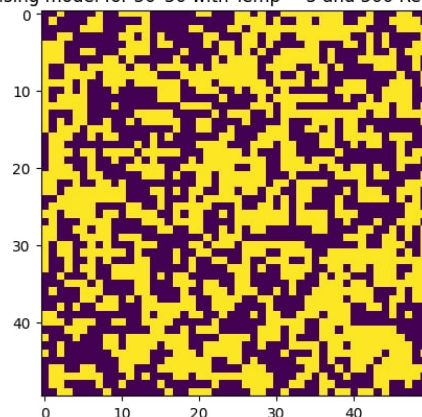
Ising model for 50\*50 with Temp = 1 and 500 Repeats



Ising model for 50\*50 with Temp = 3 and 500 Repeats

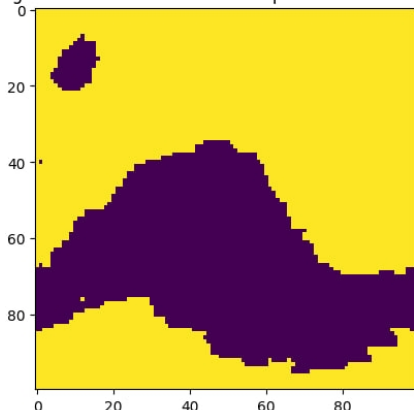


Ising model for 50\*50 with Temp = 5 and 500 Repeats

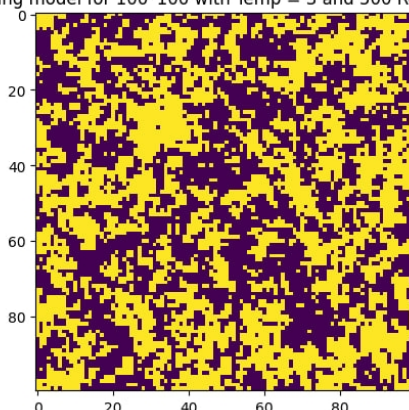


برای شبکه‌ی  $100 \times 100$  و تکرار 500 بار شرط مونت کارلو و سه دمای مختلف 1 و 3 و 5.

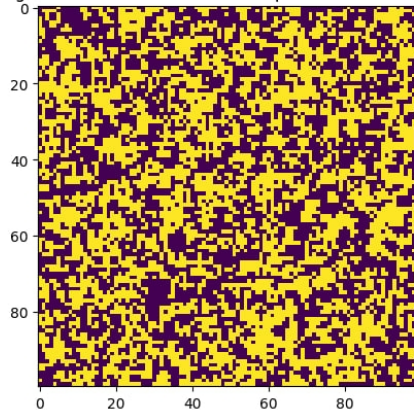
Ising model for  $100 \times 100$  with Temp = 1 and 500 Repeats



Ising model for  $100 \times 100$  with Temp = 3 and 500 Repeats



Ising model for  $100 \times 100$  with Temp = 5 and 500 Repeats

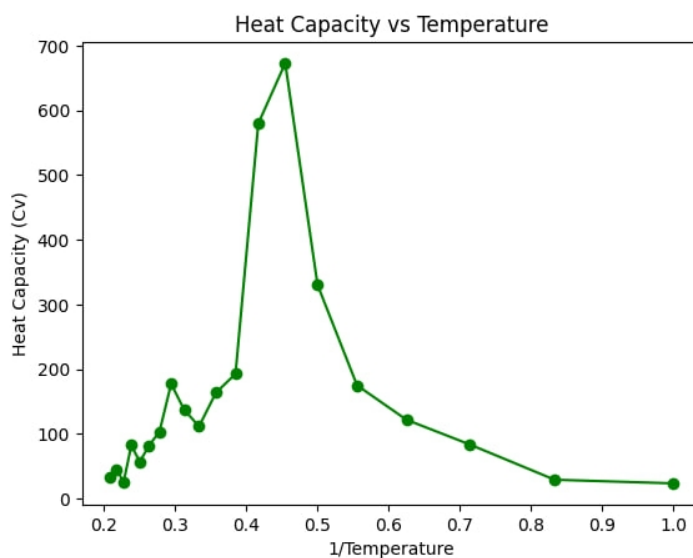
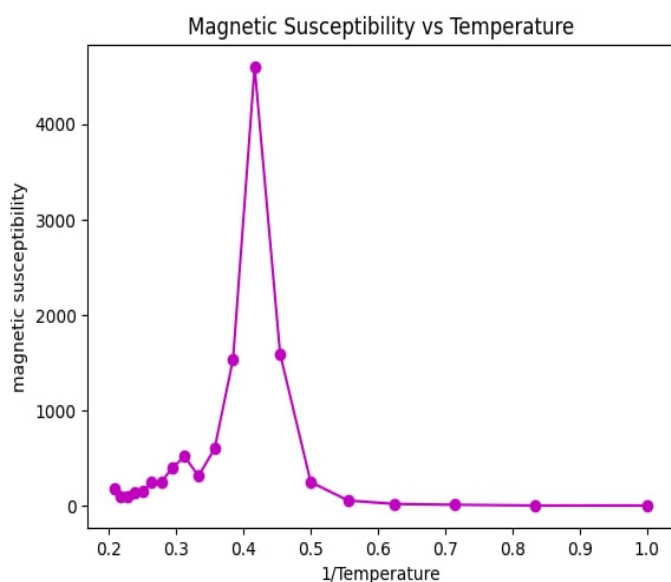
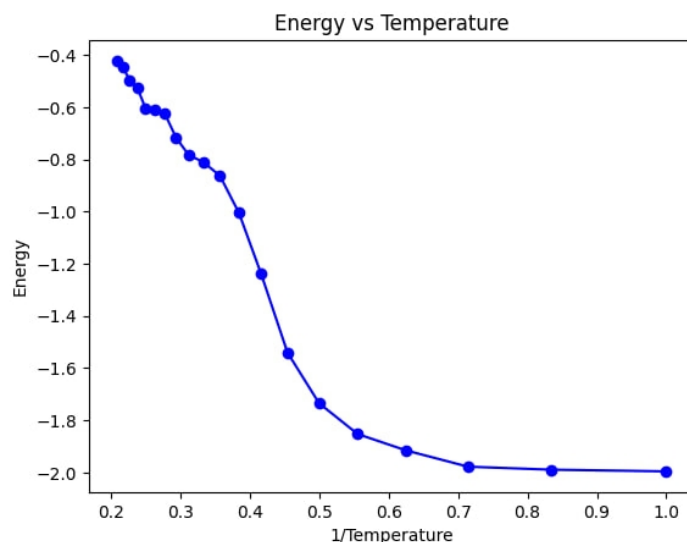
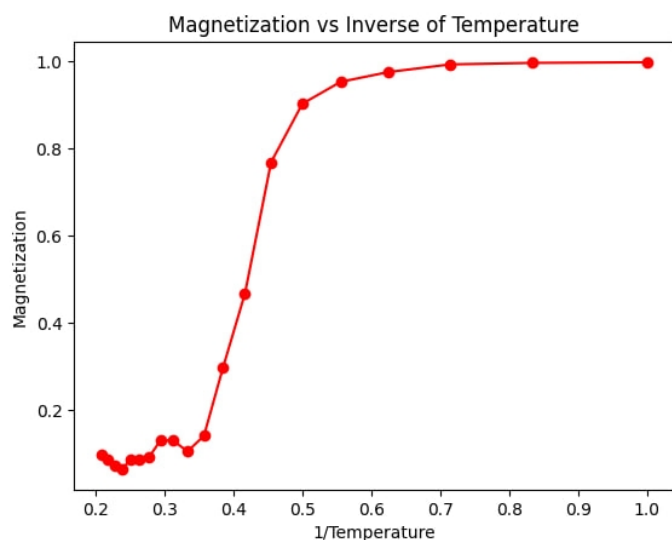


## بخش دوم

حال در این بخش می‌خواهیم نمودارها را بدست آوریم. ابتدا پارامترهای اولیه را می‌دهیم. بجای دما نیز یک آرایه‌ی دما تعریف می‌کنیم که به صورت دمای 1 تا 5 و با فاصله‌ی 0.2 از هم یک آرایه داریم. (کلا 25 تا داده می‌گیریم که طبعاً قابل تغییر است). حال همان تابع تولید ماتریس را داریم. در این کد یک تابع انرژی داریم که انرژی یک حالت را حساب می‌کند (یک پیکربندی از اسپین‌ها) یک تابع  $\text{magnetization}$  نیز داریم که روی تمام اسپین‌ها جمع زده و مقدار قدر مطلق آن را برمی‌گرداند. یک تابع  $\text{Cv}$  و  $\text{mag\_su}$  نیز داریم که به ترتیب ظرفیت گرمایی و پذیرفتاری مغناطیسی را حساب می‌کنند. حال چهار آرایه تعریف می‌کنم که نتایج میان‌گیری شده‌ی نهایی در این آرایه‌ها ریخته می‌شود. حال یک حلقه می‌زنیم تا در هر مرحله از لیست دماها یک دما را انتخاب کند. حال دو آرایه‌ی دیگر تعریف می‌کنم تا در میان‌گیری از آنها کمک بگیرم. حال یک حلقه‌ی میان‌گیری می‌زنم تا 20 بار به ازای هر دما این چهار کمیت را برای سیستم حساب کنم و میان‌گیری بگیرم. حال همان حلقه‌ی قبلی است که مونت کارلو است و شرط متروپولیس در آن چک می‌شود و مانند کد قبلی است. سپس انرژی‌ها و مغناطش‌ها را در آرایه‌های میان‌گیری می‌ریزم. پس از لوپ میان‌گیری نیز میان‌گیری انرژی، میان‌گیری مغناطش را حساب می‌کنم و در آرایه‌های انرژی نهایی و مغناطش نهایی می‌ریزم. سپس طبق رابطه‌ی ظرفیت گرمایی که بتا به توان دو در واریانس انرژی است، ظرفیت گرمایی را حساب می‌کنم و در آرایه‌ی  $\text{heat\_capacity}$  می‌ریزم. حال همین کار را برای پذیرفتاری نیز انجام می‌دهم.

برای کشیدن نیز آرایه‌ی دماها را معکوس می‌کنم تا این کمیت‌ها را برحسب بتا (معکوس دما) بکشم. اولین چیزی که به رنگ قرمز می‌کشم همان مغناطش سیستم است که من مغناطش بر واحد خانه را کشیده‌ام که ماکزیمم آن یک می‌شود. در شکل بعدی با رنگ آبی انرژی را می‌کشم و به رنگ سبز ظرفیت گرمایی را می‌کشم و به رنگ صورتی نیز پذیرفتاری را رسم می‌کنم.

نتایج را در صفحه‌ی بعد آورده‌ام. ثابت بولتزمن را نیز مانند بخش قبلی 1 گرفته‌ام. در ضمن این داده‌ها را با شبکه‌ی  $20 \times 20$  و 200 قدم مونت کارلو با تکرار 20 بار و میان‌گیری بدست آورده‌ام.



مقدار دمای بحرانی  $T_c$  را نیز می‌توان جایی که پذیرفتاری یا ظرفیت گرمایی بیشینه شده‌اند بدست آورد. این مقدار تقریباً با این آرایه‌ی  $20 \times 20$  که من نوشته‌ام تقریباً 4.4 شده است.

(بخش سوم)

این بخش را من متوجه نشدم که چیست و چه باید بکنم و ننوشتیم: )  
کدم هم خیلی بهینه نبود و طول میکشید بنابراین منصرف شدم.