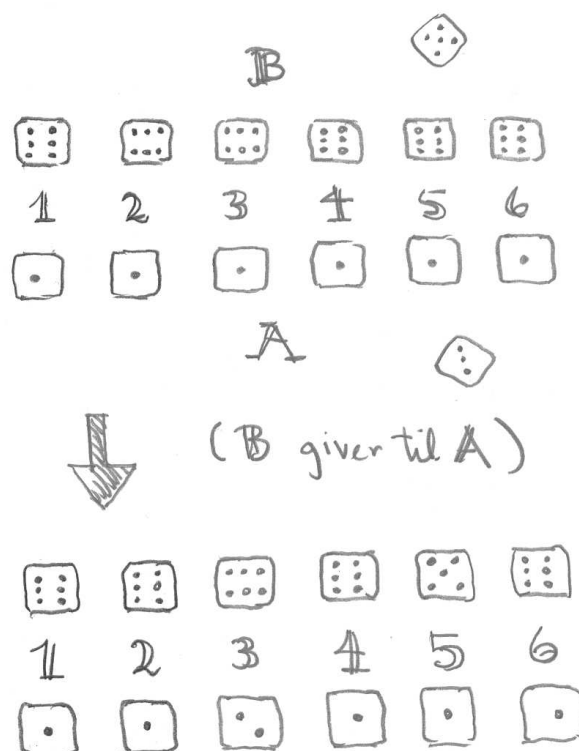


Eksperimenter 4:
**Mikro- og makroskopiske tilstande, det mikrokanoniske ensemble,
multiplicitet og entropi**



I dette eksperiment skal I spille et terningespil med følgende regler:

To spillere (hold) A og B har hver 7 terninger, 6 terninger ligger i en række på bordet (nummererede 1 til 6), mens den syvende er til at slå med. A's terninger ligger til start med lutter 1 øje opad, mens B's terninger ligger med lutter 6 øjne opad.

Spillerne "udveksler" nu skiftevis fra A til B og omvendt eet øje imellem to terninger, således at hvis A har en etter og B har en sekser ender A med en

toer og B med en femmer. Spillerne slår samtidigt med deres syvende terning, slaget identificerer for henholdsvis A og B hvilken terning på bordet der skal udveksles et øje imellem. Såfremt der skulle udveksles et øje fra en etter eller til en sekser overspringes slaget.

Spillet spilles 150 gange. Til ethvert tidspunkt benævnes for hver spiller terningernes tilstand, for eksempel "261355" (første terning er en toer, anden en sekser osv) systemets mikroskopiske tilstand, mens summen af øjnene $n=2+6+1+3+5+5=22$ benævnes systemets makroskopiske tilstand.

Ved hvert tiende slag noterer hver spiller (eller rettere spillerens assistenter!) sin mikroskopiske og sin makroskopiske tilstand.

Når spillet er slut skal der tænkes:

Tegn kurver over de makroskopiske tilstande som funktion af tiden (nummer slag i spillet) for de to systemer.

Multipliciteten $g(n)$ er defineret som antallet af mikroskopiske tilstande, som alle har den makroskopiske tilstands n ($6 \leq n \leq 36$). Udregn $g(6)$, $g(7)$, $g(8)$, Se hvor langt I kan komme, men brug ikke for meget tid på det. Det bliver hurtigt en vanskelig kombinatorisk opgave.

Alternativt kan I sætte computeren til at regne det ud. (Det er ganske let i de fleste programmer a la Matlab, ved bare at lave seksdobbelte do-loops, der gennemløber alle mikrotilstandene). Det illustreres og udregnes ved forelæsningsen.

For hvert af systemerne defineres entropien som $S = \ln g(n)$. Undersøg hvorledes entropien udvikler sig igennem spillet.

Overvej hvordan resultatet af spillet afhænger af reglerne. Prøv at spille med andre "lignende" regler. Andre regler kunne være: Der slås i hver omgang to gange med terningerne, første gang for at identificere de to terninger på bordet, som udveksler et øje. Næste slag afgør at spilleren med det laveste slag afgiver et øje til spilleren med det højeste slag. Alternativt slås der kun en gang om hvem der taber henholdsvis vinder et øje mens "udvekslingsterningerne" gennemløber periodisk 1-2-3-4-5-6-1-...

Opstil eventuelt selv alternative regler og overvej om resultaterne bliver anderledes.

Terningespillet illustrerer hvad der sker når to systemer bringes i termisk kontakt. Diskuter hvad analogien til begreberne energi, varme, temperatur, relaxationstid og termisk ligevægt er i spillet.