



## Zadanie 2

### Badanie ograniczeń modelu

Co można powiedzieć o dokładności obliczeń w programie? Zbadaj ograniczenia napisanego przez siebie programu.

#### Rozwiązanie

Obliczenia w programie – losowania – nie są przybliżone. Inaczej mówiąc, program nie jest narażony na błędy numeryczne.

Ograniczenia programu są związane z możliwościami środowiska programowania. Podstawową zmienną jest liczba cząsteczek gazu. Zbadajmy sytuację w najprostszej realizacji symulacji, zawierającej jedynie wyświetlanie liczby cząsteczek w każdej połowie.

```
//Rozprężanie gazu - wyświetlanie liczby cząsteczek
var n=250000; //zmiana liczby cząsteczek

var LP=[]; //lewa połowa
var PP=[]; //prawa połowa
for(var i=0; i<n; i++){
  LP[i]=1; PP[i]=0; //umieszczamy w lewej połowie
}
var ileLP=n; //wszystkie cząstki
var ilePP=0;
noStroke();
textSize(36);

var draw = function() {
  var l = floor(random(0, n)); //losowanie
  if (LP[l]===0){LP[l]=1; //i zamiana
    PP[l]=0;
    ileLP=ileLP+1;
    ilePP=ilePP-1;
  } else
    {LP[l]=0;
    PP[l]=1;
    ileLP=ileLP-1;
    ilePP=ilePP+1;
  }
}
```

250000 cząsteczek

248949 1051

Program będzie jeszcze działał dla kilkuset tysięcy (tu 250 000) cząsteczek. Problemem jest wtedy powolna realizacja pętli draw. Na dojście układu do stanu równowagi trzeba czekać bardzo długo. Dla dużych liczb cząsteczek należałoby rozważyć wykorzystanie innych pętli iteracyjnych.

W najbardziej zaawansowanej realizacji programu – z wizualizacją przemieszczeń cząstek między połowami naczynia – środowisko jeszcze bardziej ogranicza możliwą liczbę cząstek.

```
//Rozprężanie gazu - przebieg zmian liczby cząsteczek
var nL=16900; //tu zmiana liczby cząsteczek w lewej połowie
var nP=0; //a tu w prawej
var n=nL+nP; //liczba cząsteczek
var LP=[]; //lewa połowa
var PP=[]; //prawa połowa
var pixCz=350/n;
noStroke();
textSize(22);
for(var i=0; i<nL; i++){
  LP[i]=1; PP[i]=0;} //umieszczamy cząsteczki
for(var i=nL; i<n; i++){ //odpowiednio w lewej
  LP[i]=0; PP[i]=1;} //i prawej połowie
  var ileLP=nL; var ilePP=nP;
var R=3;
var nw=ceil(sqrt(n));
var d=180/nw;
var t=0;
var dt=0.05;
var draw = function() { //losowanie i zmiana L/P
  if(n<1){return;}
  var l = floor(random(0, n));
```



Już przy ponad 15 000 cząstek środowisko odmawia realizowania programu. Ograniczeniem jest także możliwość wizualizacji – już przy kilku tysiącach cząstek punkty obrazujące je zlewają się.

Ponieważ liczba cząsteczek w 1 molu gazu (liczba Avogadro) wynosi ok.  $6 \cdot 10^{23}$ , nie jest możliwa realizacja symulacji dla warunków panujących np. w atmosferze ziemskiej (warunków normalnych), nawet jeśli naczynie miałoby małą objętość (np.  $1 \text{ mm}^3$ ).

### ***Czas realizacji***

10 minut