


```
T = 1.0
V = collect(0.4:0.001:5.0)
P = P_vdW.(V, T)
```

Para salvar el resultado como un arreglo de datos importamos algunas funciones de utilidad

```
include("src\\utils.jl")
```

y escribimos en el script

```
save_data("van_der_Waals.dat", [V P])
```

en la linea de comandos escribimos

```
usr> julia nombre_del_script.jl
```

y aparecerá el archivo "van_der_Waals.dat" en el mismo directorio que el script.

Para visualizar fácilmente el resultado entramos a gnuplot y escribimos

```
gnuplot> set yrange[0 to 3]
gnuplot> plot "van_der_Waals.dat" w l
```

⚠ Atención

Asegúrese que gnuplot está abierto en el directorio correcto o que gnuplot está incluido en el PATH.

El resultado de hacer esta gráfica será

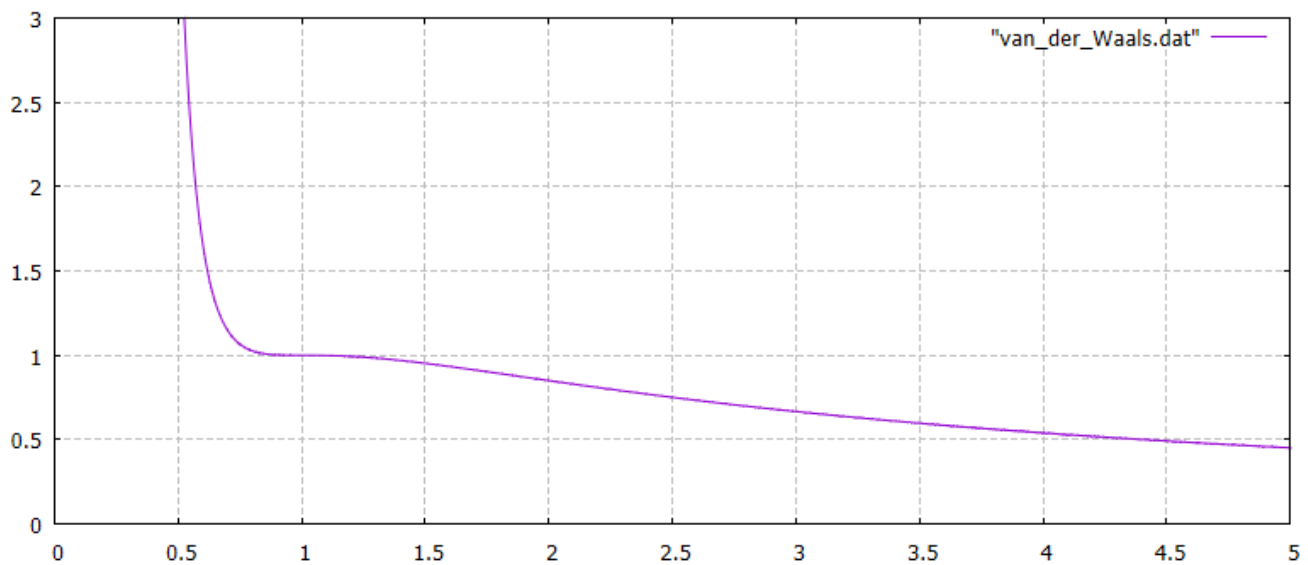


Fig1: Test de la ecuación de estado de van der Waals.

❗ Ejercicio

Intenta variar el valor de la temperatura. ¿Qué pasa con temperaturas bajas¹?

Región heterogénea

La diferencia esencial entre las isothermas de un gas real y las de un gas de van der Waals es que abajo de la temperatura crítica las isothermas exhiben un máximo y un mínimo. Esto no ocurre en un gas real, esa región suele ser descrita por una línea recta.

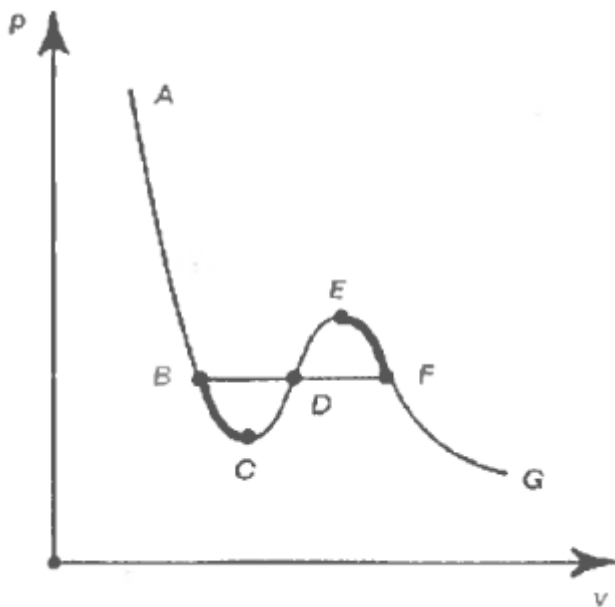


Fig2: Ecuación de estado de van der Waals para temperaturas menores a la temperatura crítica²

Esta región no corresponde a estados homogéneos de la materia como estudiamos en cursos básicos de licenciatura. Para resolver esta inconsistencia utilizamos la regla de áreas iguales de Maxwell. Esta ya se encuentra implementada en la biblioteca cargada previamente.

Para encontrar las raíces de cada isoterma escribimos dentro de nuestro código

```
P_0 = areas_iguales(V, P)
index_r = roots_vdW(P, P_0)
V_maxwell = [V[index_r[1]], V[index_r[3]]]
P_maxwell = [P[index_r[1]], P[index_r[3]]]
```

⚠ Atención

Asegúrese de cargar la biblioteca "van_der_Waals.jl"

salvamos la curva

```
save_data("Regla_de_Maxwell.dat", [V_maxwell P_maxwell])
```

Finalmente, graficamos

```
gnuplot> set yrange[0 to 3]
gnuplot> plot "van_der_Waals.dat" w l t "van der Waals", "Regla_de_Maxwell.dat" w l t "Áreas iguales"
```

y obtenemos

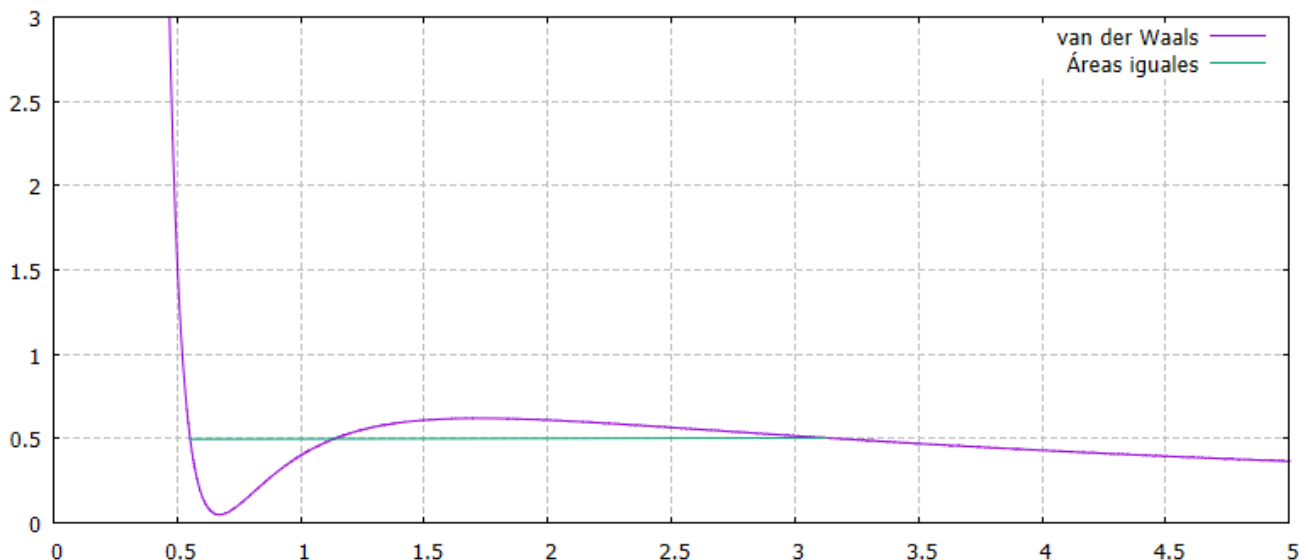


Fig3: Regla de Maxwell para la ecuación de estado de van der Waals.

Curvas de transición

Si hacemos un barrido de los puntos donde se obedece la regla de Maxwell, así como los máximos y los mínimos de las curvas originales de la ecuación de van der Waals encontramos un par de curvas conocidas como *curva espinodal* y *curva binodal*.

! Reto #1

- Generar las curvas espinodal y binodal utilizando las funciones antes mencionadas.
- ¿Cómo lucen estas curvas si graficas P vs $1/V$?

TIP: en gnuplot puedes realizar operaciones básicas entre columnas, por ejemplo, si quieres multiplicar por 5 la segunda columna de datos escribes `gnuplot> plot`

```
"nombre_de_tu_archivo.dat" u 1:(5*$2)
```

Como resultado obtenemos

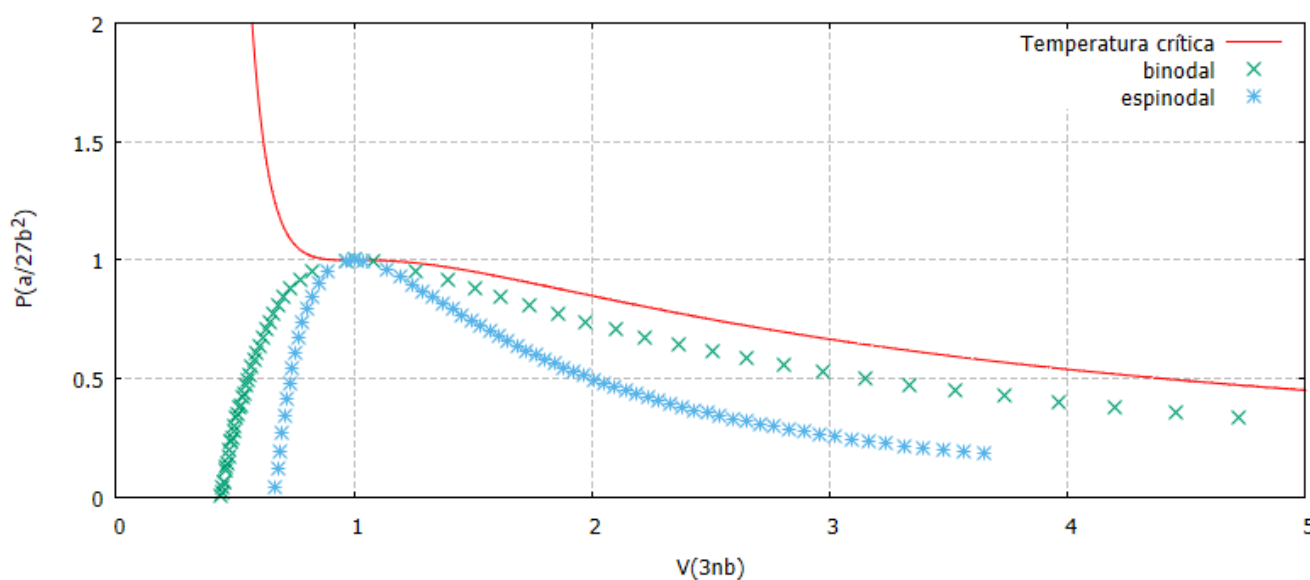


Fig4: Diagrama de fases para la ecuación de estado de van der Waals

Las diferentes propiedades de la Figura 4 se discutirán a más detalle en las siguientes sesiones de la escuela.

Anotaciones

1. Bajas comparadas con la temperatura crítica del sistema. ↩
2. Figura tomada del libro García Colín Scherer, Leopoldo Tipo de material: Texto Idioma: Español Detalles de publicación: México : Trillas, 2019 Edición: 4a. ed ↩

