

El trabajo original de Boyle *New experiments physico-mechanical touching the spring of the air and its effects* se puede descargar en <http://www.e-rara.ch/zut/content/titleinfo/5038753>. Ésta es la página en la que están los datos relevantes, una de las pocas del trabajo que tiene datos numéricos:

A Table of the Condensation of the Air

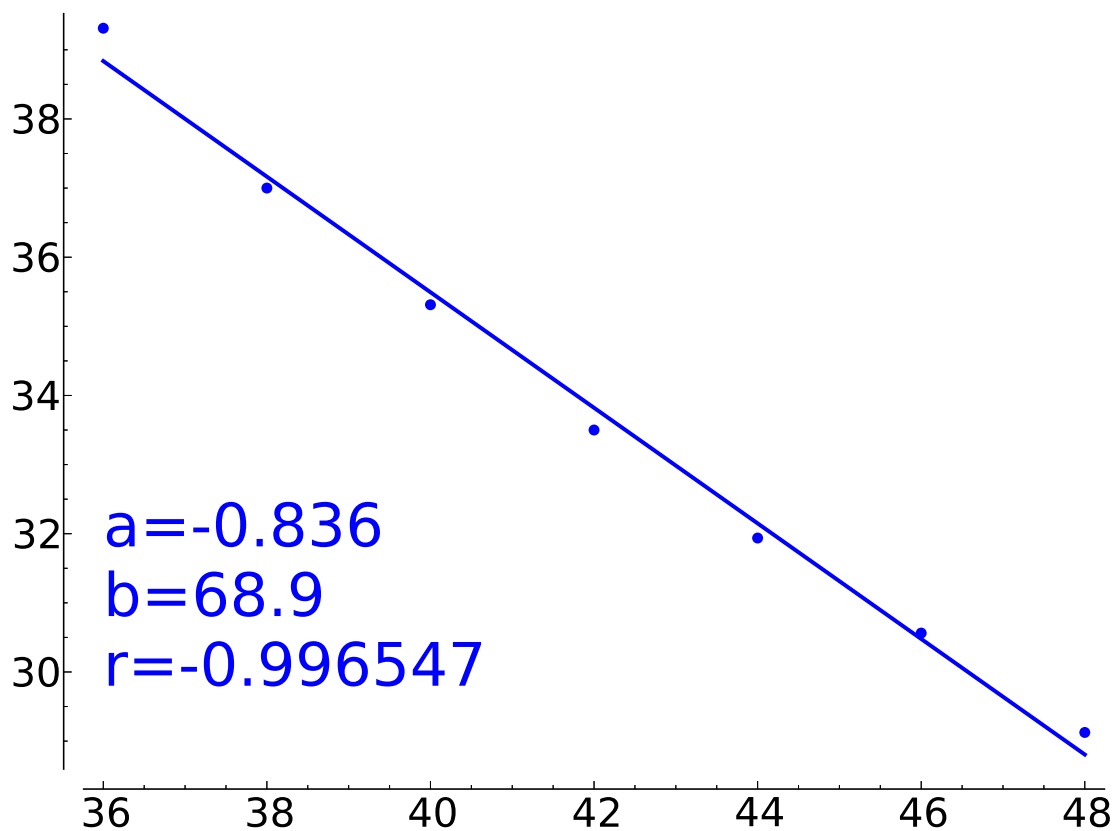
A	A	B	C	D	E
48	12	00		29 $\frac{1}{2}$	29 $\frac{1}{2}$
46	11 $\frac{1}{2}$	01 $\frac{1}{2}$		30 $\frac{3}{4}$	30 $\frac{3}{4}$
44	11	02 $\frac{1}{2}$		31 $\frac{1}{2}$	31 $\frac{1}{2}$
42	10 $\frac{1}{2}$	04 $\frac{1}{2}$		33 $\frac{1}{2}$	33 $\frac{1}{2}$
40	10	06 $\frac{1}{2}$		35 $\frac{1}{2}$	35 $\frac{1}{2}$
38	9 $\frac{1}{2}$	07 $\frac{1}{2}$		37 $\frac{1}{2}$	36 $\frac{1}{2}$
36	9	10 $\frac{1}{2}$		39 $\frac{1}{2}$	38 $\frac{1}{2}$
34	8 $\frac{1}{2}$	12 $\frac{1}{2}$		41 $\frac{1}{2}$	41 $\frac{1}{2}$
32	8	15 $\frac{1}{2}$		44 $\frac{1}{2}$	43 $\frac{1}{2}$
30	7 $\frac{1}{2}$	17 $\frac{1}{2}$		47 $\frac{1}{2}$	46 $\frac{1}{2}$
28	7	21 $\frac{1}{2}$		50 $\frac{1}{2}$	50 $\frac{1}{2}$
26	6 $\frac{1}{2}$	25 $\frac{1}{2}$		54 $\frac{1}{2}$	53 $\frac{1}{2}$
24	6	29 $\frac{1}{2}$		58 $\frac{1}{2}$	58 $\frac{1}{2}$
23	5 $\frac{1}{2}$	32 $\frac{1}{2}$	Added to 29 $\frac{1}{2}$ makes	61 $\frac{1}{2}$	60 $\frac{1}{2}$
22	5 $\frac{1}{2}$	34 $\frac{1}{2}$		64 $\frac{1}{2}$	63 $\frac{1}{2}$
21	5 $\frac{1}{2}$	37 $\frac{1}{2}$		67 $\frac{1}{2}$	66 $\frac{1}{2}$
20	5	41 $\frac{1}{2}$		70 $\frac{1}{2}$	70 $\frac{1}{2}$
19	4 $\frac{1}{2}$	45 $\frac{1}{2}$		74 $\frac{1}{2}$	73 $\frac{1}{2}$
18	4 $\frac{1}{2}$	48 $\frac{1}{2}$		77 $\frac{1}{2}$	77 $\frac{1}{2}$
17	4 $\frac{1}{2}$	53 $\frac{1}{2}$		82 $\frac{1}{2}$	82 $\frac{1}{2}$
16	4	58 $\frac{1}{2}$		87 $\frac{1}{2}$	87 $\frac{1}{2}$
15	3 $\frac{1}{2}$	63 $\frac{1}{2}$		93 $\frac{1}{2}$	93 $\frac{1}{2}$
14	3 $\frac{1}{2}$	71 $\frac{1}{2}$		100 $\frac{1}{2}$	99 $\frac{1}{2}$
13	3 $\frac{1}{2}$	78 $\frac{1}{2}$	107 $\frac{1}{2}$	107 $\frac{1}{2}$	
12	3	88 $\frac{1}{2}$	117 $\frac{1}{2}$	116 $\frac{1}{2}$	

- AA. The number of equal spaces in the shorter leg, that contained the same parcel of Air diversly extended.
- B. The height of the Mercurial Cylinder in the longer leg, that compress'd the Air into those dimensions.
- C. The height of a Mercurial Cylinder that counterbalanc'd the pressure of the Atmosphere.
- D. The Aggregate of the two last Columns B and C, exhibiting the pressure sustained by the included Air.
- E. What that pressure should be according to the *Hypothesis*, that supposes the pressures and expansions to be in reciprocal proportion.

For the better understanding of this Experiment it may not be amiss to take notice of the following particulars :

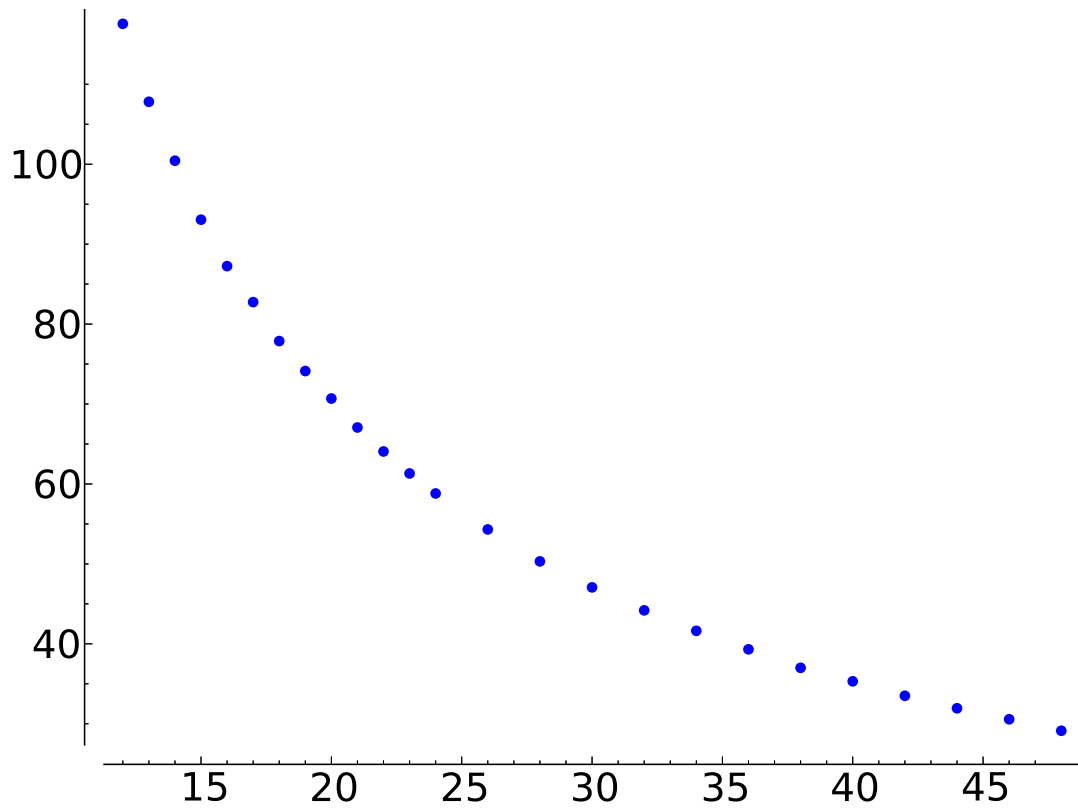
1. That the Tube being so tall that we could not conveniently make use of it in a Chamber, we were fain to use it on a pair of Stairs, which yet were very lightsome, the Tube being for preservations sake by strings so suspended, that it did scarce touch the Box presently to be mentioned.
2. The lower and crooked part of the Pipe was placed in a square wooden Box, of a good largness and depth, to prevent the

Si Boyle hubiera tomado solo los siete primeros datos, dibujando los puntos (A, E) con A la primera columna y E la última, resultarían los puntos del siguiente gráfico.



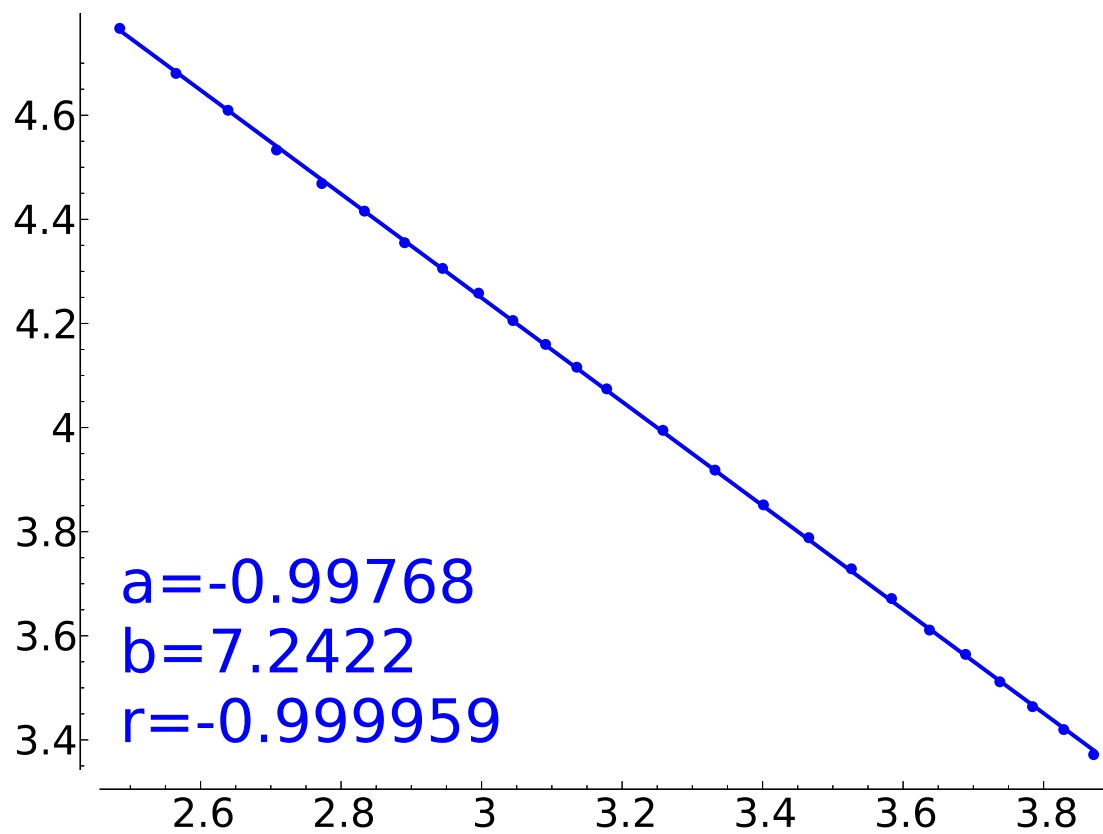
La línea que está dibujada es la recta de regresión para estos datos, $y = ax + b$. El coeficiente de correlación lineal es r , como vemos muy próximo a uno. Por tanto en ausencia de más datos uno conjeturaría una relación errónea lineal entre presión y volumen. Esto es un reflejo de que casi todo es lineal a pequeñas escalas.

Si pintamos todos los datos de la última columna en función de los de la primera, se ve claramente una relación inversa:



Si conjeturamos una relación $P^\alpha V^\beta = K$, elevando todo a α^{-1} se puede suponer $\alpha = 1$ y tomando logaritmos se sigue $\log P = \log K - \beta \log V$, esto es, una relación lineal entre $\log V$ y $\log P$.

Al representar $\log A$ y $\log E$, que salvo constantes aditivas son $\log V$ y $\log P$, el ajuste por la recta de regresión es casi perfecto y el coeficiente de la variable independiente es casi -1 , lo que refleja $-\log P + \text{cte} = \log V$ que es la ley de Boyle-Mariotte.



El código SAGE para las gráficas es:

```
def regre(listx , listy):
    nt = len(listx)
    xm = sum(listx)/nt
    ym = sum(listy)/nt
    listxc = [item^2 for item in listx]
    listyc = [item^2 for item in listy]
    listxy = [listx[k]*listy[k] for k in range(nt)]
    sx = sqrt(sum(listxc)/nt-xm^2)
    sy = sqrt(sum(listyc)/nt-ym^2)
    cov = sum(listxy)/nt-xm*ym
    rxy = cov/sx/sy
    # plot points
    P = list_plot([(listx[k], listy[k]) for k in range(nt)], size='30')
    # plot regression line
    P += plot( rxy*sy/sx*(x-xm)+ym,x, min(listx), max(listx), thickness =
        2 )
    return P, rxy*sy/sx, rxy*sy/sx*(-xm)+ym, rxy

# Data
vol = [48, 46, 44, 42, 40,
       38, 36, 34, 32, 30,
       28, 26, 24, 23, 22,
       21, 20, 19, 18, 17,
       16, 15, 14, 13, 12]
pre = [29+2/16, 30+9/16, 31+15/16, 33+8/16, 35+5/16,
       37, 39+5/16, 41+10/16, 44+3/16, 47+1/16,
       50+5/16, 54+5/16, 58+13/16, 61+5/16, 64+1/16,
       67+1/16, 70+11/16, 74+2/16, 77+14/16, 82+12/16,
       87+4/16, 93+1/16, 100+7/16, 107+13/16, 117+9/16]

# Con los 7 primeros parece una recta con buena aprox
P, a, b, r = regre(vol[:7], pre[:7])
print 'boyle ->',a, b, r.n()

stri = 'a='+str( a.n(digits=3) )+'\n'+ 'b='+str( b.n(digits=3) )+'\n'+ 'r='+str
( r.n(digits=6) )
P += text( stri, (min(vol[:7]), 2+min( pre[:7]) ), fontsize=30,
          horizontal_alignment='left')
P.fontsize(20)
P.save('../images/boyle1.eps')

P = list_plot([(vol[k], pre[k]) for k in range(len(vol))], size='30')
P.fontsize(20)
P.save('../images/boyle2.eps')

for k in range(len(vol)):
    vol[k] = (log(vol[k])).n()

for k in range(len(pre)):
    pre[k] = (log(pre[k])).n()
```

```
P, a, b, r = regre(vol, pre)
print 'boyle ->', a, b, r.n()
stri = 'a='+str( a.n(digits=5) )+'\n'+ 'b='+str( b.n(digits=5) )+'\n'+ 'r='+str
      ( r.n(digits=6) )
P += text( stri, (min(vol), 0.2+min( pre) ), fontsize=30,
          horizontal_alignment='left')

#P.set_aspect_ratio(1)
#P.axes(False)
P.fontsize(20)
#P.show()
P.save('../images/boyle.eps')
```