

Técnicas Experimentales I

Laboratorio Básico

Práctica 6:

Densidad y Viscosidad

Pedro Martínez Caamaño

1• Objetivos

Tendremos tres objetivos distintos y dependientes de los resultados de su apartado anterior en cada uno.

Como primer objetivo tenemos dos, encontrar el volumen del picnómetro y su incertidumbre de forma experimental, ignorando las marcas impresas sobre tal instrumento por el fabricante. Tras ello, haciendo uso del valor obtenido y cierto procedimiento que hablaremos dos puntos más adelante, buscaremos la densidad de ciertos líquidos a temperatura de laboratorio, estos serán acetona y alcohol.

En la segunda parte, con el picnómetro de nuevo, trataremos de medir la densidad de un sólido difuso, con difuso nos referimos a de geometría o cantidad difíciles de medir y que usaremos un procedimiento para que esto sea fácil; nosotros usaremos de objetivo perdigones de plomo.

Para acabar, la tercera parte. Aquí usaremos material distinto pues dejaremos el picnómetro y la balanza para usar el termómetro, cronómetro y viscosímetro. Nuestro objetivo es determinar la viscosidad dinámica del alcohol y la acetona a una temperatura constante.

2• Material

Todos los materiales e instrumentos que utilizaremos a lo largo de las secciones de esta práctica serán:

- Balanza digital de alta precisión.
- Picnómetro.
- Cronómetro.
- Termómetro.
- Viscosímetro.
- Pera de succión.
- Soporte.
- Vaso de precipitados y vidrio de reloj.
- Materiales a Evaluar: agua, alcohol de 96°, acetona y perdigones de plomo.



Imagen 1, líquidos a evaluar

3- Procedimiento

Ya hemos mencionado las divisiones de la práctica, serán: primera parte, hallar el volumen del picnómetro y la densidad del alcohol y la acetona; segunda parte, resolver y encontrar la densidad de los perdigones de plomo; tercera y última parte, calcular las constantes necesarias a temperatura ambiente de laboratorio para luego encontrar el valor de la viscosidad dinámica del alcohol y la acetona.

Sabiendo esto, estructuraremos el conjunto en tres partes y estas a su vez, si lo requieren, en subpartes. Lo importante ahora es mostrar que procesos y cómo los realizamos en laboratorio y después comentar las ecuaciones asociadas que usaremos y los protocolos y análisis de datos que haremos. Los resultados y datos obtenidos se mostrarán en el siguiente punto, donde daremos por sentadas muchas de sus operaciones que, por ello, se encontrarán en este punto.

Recomendamos, para el subapartado tres, ir dejando un vaso de precipitados con agua para que vaya adecuándose a la temperatura ambiental, tal y como nosotros hicimos.

Parte 1, Volumen y Densidades

Esta primera parte será dividida en dos para más fácil e intuitivo uso de datos y procedimiento. Primero nos centraremos en encontrar el volumen del picnómetro y ya luego, en descubrir la densidad de los líquidos a evaluar.

1.1, Volumen del Picnómetro

Comenzamos pesando en seco el picnómetro y anotando la medida. Tras esto, lavamos con agua tres veces para deshacernos de todo resto anterior. Con ello, llenamos el picnómetro con agua. Esto lo haremos cerrando con su tapa hasta arriba del líquido y secando los lados con cuidado con una servilleta. Así, pesaremos, vaciaremos de agua y volveremos a llenar unas diez veces. Con esta información y, tomando el valor de la densidad conocida media del agua, $\rho_0 = 1 \text{ g/cm}^3$ podremos tomar la siguiente relación para hallar el volumen:

Ecuación 1

$$V = \frac{m - m_p}{\rho_0}$$

Donde m es la masa del picnómetro con agua y m_p la del picnómetro en seco y vacío. Aplicando el protocolo de exclusión con $k = 2$, descartaremos de nuestras diez tomas valores sobresalientes y haremos una media con su incertidumbre asociada. Luego, haremos la incertidumbre combinada (media cuadrada) de tal con el error asociado al pesaje y también con el siguiente:

Ecuación 2

$$s(V) = \sqrt{\left(\frac{1}{\rho_0}\right)^2 \cdot (s^2(m) + s^2(m_p))}$$

Conservaremos el resultado con su incertidumbre como valiosas herramientas para encontrar posteriores resultados. Es muy recomendable realizar un microlabado con alcohol puesto que será el siguiente material que usar.

1.2, Densidades de Alcohol y Acetona

Puesto que vamos a utilizar alcohol y acetona, líquidos distintos, pero en un mismo proceso, los abarcaremos en un ejercicio general que, ya en su debido momento experimental, realizaremos por separado.

Hacemos un microlabado con el líquido a evaluar para deshacernos de muestras contaminadas que puedan alterar los resultados.

Con ello, tomamos diez medidas de un xeito muy similar al realizado con el agua, llenar el picnómetro de forma correcta hasta desbordar, secar el exterior, pesar y vaciar el contenido en un vaso de precipitados y así diez veces. Haremos lo mismo que antes al tratar los datos en forma de media y con su, si es necesaria, exclusión. La fórmula ya resumida ahora será la siguiente:

Ecuación 3

$$\rho = \frac{m'}{m}$$

Donde m' es la masa del líquido contenida en el picnómetro (sin contar el peso del recipiente) y m la masa de agua antes medida.

Otra vez tomaremos la incertidumbre combinada de la asociada a la media y a:

Ecuación 4

$$s(\rho) = \sqrt{\left(\frac{1}{m}\right)^2 \cdot s^2(m') + \left(\frac{m'}{m^2}\right)^2 \cdot s^2(m)}$$

Representamos con esto, la densidad con su incertidumbre.

2, Densidad de sólidos (Plomo)

Es conocida ya la manera de hallar la densidad de líquidos o figuras con geometría sencilla como cubos o esferas, pero ¿qué ocurre con un sólido no diluible en agua difuso o de geometría compleja?, este es el caso que nos corresponde, así que el procedimiento será el siguiente.

Tomamos el material a evaluar, que en nuestro caso será plomo en forma de pequeños perdigones. Situamos en la balanza el vidrio de reloj y taramos, con esto podemos colocar ya una cantidad a ojo suficiente de estas pequeñas bolas (es recomendable situar entre 334 y 338 de estas diminutas y casi innumerables bolas para nuestro caso, pese a que lo intentaremos, si no, podremos lidiar con la imperfección asociada a la falta de habilidad humana).

Con el peso anotado, colocamos todos y cada uno de los perdigones en el picnómetro y lo llenamos hasta que rebose de agua tal y como hicimos antes. Así, pesamos de nuevo el conjunto de perdigones, picnómetro y agua y anotamos este valor. Así, diez

veces, tomaremos esta medida, pero quitando algo de agua y volviéndola a llenar para mostrar varianza.

De esta forma, ahora deberíamos aplicar la siguiente ecuación para saber la densidad del líquido interior:

Ecuación 5

$$\rho_s = \frac{m_{\text{sólido}}}{m_{\text{sólido}} + (m_{\text{agua}} + m_{\text{picnómetro}}) - m_{\text{picnómetro con agua y sólido}}}$$

Como es curioso saber el porqué y cómo se llega a esta ecuación, dejaré una breve demostración poco comentada pero fácil de deducir:

$$\begin{aligned} m_{\text{total}} &= m_{\text{picnómetro}} + m_{\text{sólido}} + \rho_{\text{agua}} \cdot \Delta V; \text{ tal que: } \Delta V = V_{\text{picnómetro}} - V_{\text{sólido}} \\ &= V_{\text{picnómetro}} \\ &- \frac{m_{\text{sólido}}}{\rho_{\text{sólido}}}; \text{ sustituimos en la primera parte con } \Delta V \text{ y despejamos } V_{\text{picnómetro}}; \end{aligned}$$

luego igualamos a la Ecuación 1 y despejamos $\rho_{\text{sólido}}$

Igual que antes y que siempre, realizaremos la media con exclusión con $k = 2$ y ello hará dar valor a $m_{\text{picnómetro con agua y sólido}}$. Con este arduo trabajo digno de Hefesto, encontraremos la incertidumbre asociada con la siguiente ecuación (en la que, por acortar, $m = m_{\text{agua}} + m_{\text{picnómetro}}$ y $m_t = m_{\text{picnómetro con agua y sólido}}$):

Ecuación 6

$$\begin{aligned} s(\rho_s) &= \sqrt{\left(\frac{m - m_t}{(m_{\text{sólido}} + m - m_t)^2}\right)^2 \cdot s^2(m_{\text{sólido}}) + \left(\frac{m_{\text{sólido}}}{(m_{\text{sólido}} + m - m_t)^2}\right)^2 \cdot (s^2(m) + s^2(m_t))} \end{aligned}$$

Y con estas fórmulas tan poco aparatosas y tan memorizables, veremos el buscado resultado de la densidad del sólido, el plomo, con su error asociado.



Imagen 2, 336 ± 1 perdigones de plomo.

3.1, Constante del Viscosímetro

En esta nueva parte, viscosidad, ante de hallar el coeficiente de viscosidad dinámica del alcohol y del agua (medida en poise, unidad nueva para muchos de nosotros) deberemos saber la constante asociada al viscosímetro.

Todo viscosímetro consiste en un recipiente curvo abierto con dos marcas en regiones estrechas arriba y debajo de una burbuja de vidrio. Será entre estas regiones en las que se medirá el tiempo en cruzar un plano del líquido. Con el conocimiento de la información de este tiempo, de la densidad del líquido y de la constante, tendríamos la viscosidad dinámica.

Ecuación 7

$$\eta = k \cdot \rho \cdot t$$

Y para conocer la k de la ecuación, despejaremos y utilizaremos una η calculada y conocida. ¿De dónde podremos obtener una η inicial?, del agua. Esto será en un entorno de temperatura conocida; recomendamos medir la temperatura del líquido y de la habitación, pero dar preferencial a la del líquido aún estando a “temperatura ambiente”.

Tal incertidumbre será:

Ecuación 8

$$s(k) = \sqrt{\left(\frac{\eta}{\rho \cdot t^2}\right)^2 \cdot s^2(t)}$$

Partiendo de la ecuación:

Ecuación 9

$$\ln\left(\frac{\eta}{\eta_{20}}\right) = \frac{1,2348 \cdot (20 - T) - 0,001467 \cdot (T - 20)^2}{T + 96}$$

Donde T es la temperatura y η_{20} nosotros la tomaremos como constante con valor de 0,01 poise. Podremos despejar de esta ecuación η así:

Ecuación 10

$$\eta = \eta_{20} \cdot e^{\frac{1,2348 \cdot (20 - T) - 0,001467 \cdot (T - 20)^2}{T + 96}}$$

Con una compleja incertidumbre que mostraremos a continuación:

Ecuación 11

$$s(\eta) = \sqrt{\left(\frac{\partial \eta}{\partial T}\right)^2 \cdot s^2(T)}$$

Concluyendo sus debidas ecuaciones, obtendremos la constante asociada al viscosímetro con los valores obtenidos de la naturaleza del agua.

3.2, Viscosidad del Alcohol y Acetona

Resultará realmente sencillo ahora calcular el coeficiente dinámico de viscosidad del alcohol y acetona ya que tan solo tendremos que aplicar la ecuación 7 con una incertidumbre tal:

Ecuación 12

$$s(\eta) = \sqrt{(\rho \cdot t)^2 \cdot s^2(k) + (k \cdot \rho)^2 \cdot s^2(t) + (t \cdot k)^2 \cdot s^2(\rho)}$$

Y con esto, presentamos resultados y ya habremos obtenido todo lo buscado. Cabe destacar que, antes de cambiar de líquido, es necesario realizar uno o varios micro lavados y lavados, así como limpiar restos de las peras de succión que sufren en agonía su desgaste y nos lo dejan ver llenando de trocitos el tubo por dentro.



Imágenes 3 y 4, Viscosímetro en funcionamiento

4• Datos y Análisis de Datos

Damos parte a la parte realmente experimental, enseñar y depurar toda la información obtenida. Como ya hemos establecido las pautas, bailaremos entre los apartados del punto anterior de forma menos extensa pero más analítica.

1.1, Volumen del Picnómetro

Sabemos lo que tenemos que hacer, esto es tomar medidas. Empezamos tomando de referencia la masa del picnómetro en seco, que resulta ser:

$$m_{\text{picnómetro}} = 19,094 \pm 0,001 \text{ g}$$

Y, con agua y el valor de la masa del picnómetro de forma cuasi intrínseca, tenemos las siguientes medidas:

Tabla 1, Picnómetro con Agua

Peso $\pm 0,001$ (g)
45,293
45,280
45,294
45,291
45,286
45,307
45,292
45,281
45,288
45,286

Si hacemos la media y su incertidumbre y luego aplicamos un $k=2$ para excluir valores, vemos que 45,307 saldría de la lista, rehaciendo todos los cálculos tendríamos que la masa media del picnómetro con agua es:

$$m_{\text{picnómetro con agua}} = 45,288 \text{ g}$$

Y la del agua interior quedaría tal que:

$$m_{\text{agua}} = 26,194 \pm 0,002 \text{ g}$$

De tal manera, utilizando la ecuación 1 y 2, obtendríamos que el volumen del picnómetro equivale a:

$$V_{\text{picnómetro}} = 26,194 \pm 0,002 \text{ ml}$$

1.2, Densidades de Alcohol y Acetona

Utilizando el valor de la masa de agua, será sencillo ahora encontrar el valor de la densidad del alcohol y la acetona utilizando las ecuaciones 3 y 4. Comenzamos con el alcohol.

Alcohol

Siendo nuestra información de picnómetro con alcohol obtenida la siguiente:

Tabla 2, Picnómetro con Alcohol

Peso $\pm 0,001$ (g)

40,240
40,206
40,189
40,202
40,174
40,169
40,157
40,150
40,155
40,160

Resulta que, haciendo la media con exclusión, excluimos el primer valor. Por ello, y rehaciendo, quedaría una masa interior de alcohol de:

$$m_{alcohol} = 21,080 \pm 0,007 \text{ g}$$

Lo cual entonces, en términos de densidad, con las ecuaciones 3 y 4 siendo aplicadas nos quedaría que:

$$\rho_{alcohol} = 0,805 \pm 0,031 \text{ g/ml}$$

Acetona

Partiendo del mismo protocolo de exclusión y media, aplicado a los siguientes valores del picnómetro con acetona, operaremos para obtener su media y la de la densidad.

Tabla 3, Picnómetro con Acetona

Peso $\pm 0,001$ (g)
40,308
40,265
40,272
40,194
40,238
40,234
40,247
40,264
40,255
40,257

Tocaría ahora excluir dos valores, que serían 40,308 y 40,194, con esto tendríamos una masa media de acetona dentro del picnómetro tal que:

$$m_{acetona} = 21,160 \pm 0,005 \text{ g}$$

Que se traduce en una densidad dada por:

$$\rho_{acetona} = 0,808 \pm 0,031 \text{ g/ml}$$

2, Densidad de sólidos (Plomo)

Tomamos aproximadamente 336 ± 1 perdigones de plomo que, pesados en seco equivaldría a:

$$m_{\text{perdigones}} = 13,427 \pm 0,001 \text{ g}$$

Y, una vez en el picnómetro con agua, tendríamos tales valores:

Tabla 4, Picnómetro con agua y perdigones

Peso $\pm 0,001$ (g)
57,508
57,512
57,512
57,567
57,506
57,508
57,538
57,541
57,533
57,511

Es momento de sacrificar valores, los números han hablado y han decidido en consenso en su protocolo de media con exclusión con $k = 2$, retirar como ofrenda a Gauss el valor 57,567. Nos daría el siguiente resultado de media:

$$m_{\text{perdigones con agua}} = 57,519 \pm 0,005 \text{ g}$$

Así, dando uso a las ecuaciones 5 y 6, quedaría:

$$\rho_{\text{plomo}} = 11,226 \pm 0,050 \text{ g/ml}$$

Que ya comprobaremos en la conclusión final.

3.1, Constante del Viscosímetro

Buscando la constante del viscosímetro, debemos usar el vaso de precipitados preparado de la primera parte, que ya debería estar a temperatura ambiente. Con el termómetro de pared del laboratorio comparamos su valor al que mide el termómetro en el vaso de precipitados con agua:

$$T^{\text{a}}_{\text{ambiental}} = 23,9 \text{ }^{\circ}\text{C}; T^{\text{a}}_{\text{agua}} = 22,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

De estos exóticos valores para ser Galicia, nos quedaremos con el de la Temperatura del agua, que, quizás, durante la propia práctica, nos altere ligeramente los resultados finales pues este recipiente con agua aún se está a calentar.

Se comienza con, despejando de la ecuación 9 η y obteniendo la ecuación 10, aplicando la temperatura dicha y $\eta_{20} = 0,001 \text{ poise}$ así como la incertidumbre dada por la ecuación 11. Finalmente, nos debería dar, para el agua el siguiente valor:

$$\eta_{\text{agua}} = 0,00976 \pm 0,00010 \text{ poise}$$

Es en este preciso momento cuando tomamos las medidas, con el viscosímetro, de tiempo en caer el agua. Cabe destacar que la incertidumbre ahora no será la del cronómetro, sino el tiempo de reacción humana que, de todos los valores encontrados en

internet, hemos decidido (incluso poniendo a prueba con nosotros mismos) dejarlo en 0,25 segundos (pese a que, en las pruebas de reacción, que dio una media de 280 ms, lo aproximaremos a 250 ms). La tabla de tiempos es la siguiente

Tabla 5, Viscosímetro con agua

Tiempo \pm 0,25 (s)
108,35
108,40
108,57
107,28
107,47
107,16
107,12
106,66
106,65
106,65

Debemos buscar la media y excluir valores. Da la suerte que no toca excluir ninguna de las medidas pues son todo valores muy similares.

$$t_{\text{viscosímetro con agua}} = 107,43 \pm 0,35 \text{ s}$$

Utilizando la ecuación 7 despejada para k y la ecuación 8, acabamos resolviendo la constante de nuestro viscosímetro, que sería:

$$k = (9,087 \pm 0,096) \cdot 10^{-5} \frac{\text{poise} \cdot \text{ml}}{\text{g} \cdot \text{s}}$$

3.2, Viscosidad del Alcohol y Acetona

Separamos el procedimiento entre Alcohol y Acetona, pero será mecánico y el mismo: tomar medidas del tiempo del líquido en superar sus metas en el viscosímetro, realizar la media de tiempo con su incertidumbre, aplicar las ecuaciones 7 y 12 y ya resolver.

Acetona

Acumulamos las siguientes rápidas medidas:

Tabla 6, Viscosímetro con acetona

Tiempo \pm 0,25 (s)
60,28
60,50
60,59
59,38
62,47
60,33

58,38
60,63
58,63
58,34

Sin excluir nada en absoluto, tenemos de tiempo medio:

$$t_{\text{viscosímetro con acetona}} = 59,95 \pm 0,48 \text{ s}$$

Aplicando a las ecuaciones 7 y 12:

$$\eta_{\text{acetona}} = 0,00440 \pm 0,00018 \text{ poise}$$

Alcohol

De forma idéntica en proceso, para el alcohol tenemos seis medidas (por falta de tiempo en laboratorio):

Tabla 7, Viscosímetro con alcohol

Tiempo $\pm 0,25$ (s)
188,56
193,50
196,44
195,63
196,65
198,72

Tampoco excluimos nada, obteniendo una media de:

$$t_{\text{viscosímetro con alcohol}} = 194,92 \pm 1,47 \text{ s}$$

La cual transformamos, mediante los valores de k y las ecuaciones 7 y 12, en:

$$\eta_{\text{alcohol}} = 0,01425 \pm 0,00057 \text{ poise}$$

5. Conclusión

Compararemos los valores calculados en laboratorio con los reales que podemos encontrar en internet a ver si resultan similares.

Densidades de Alcohol y Acetona

	$\rho_{\text{experimental}} \left(\frac{g}{ml}\right)$	$\rho_{\text{teórico}} \left(\frac{g}{ml}\right)$
Alcohol	$0,805 \pm 0,031$	0,789
Acetona	$0,808 \pm 0,031$	0,784

Densidad de sólidos (Plomo)

	$\rho_{\text{experimental}} \left(\frac{g}{ml}\right)$	$\rho_{\text{teórico}} \left(\frac{g}{ml}\right)$

Plomo	$11,226 \pm 0,050$	11,340
-------	--------------------	--------

Viscosidad del Alcohol y Acetona

Con un viscosímetro con el valor de k,

$$k = (9,087 \pm 0,096) \cdot 10^{-5} \frac{\text{poise} \cdot \text{ml}}{\text{g} \cdot \text{s}}$$

	$\eta_{\text{experimental}} (\text{poise})$	$\eta_{\text{teórico}} (\text{poise})$
Alcohol	$0,01425 \pm 0,00057$	0,012
Acetona	$0,00440 \pm 0,00018$	0,0032

En el caso de las densidades líquidas, tenemos valores muy buenos que coincide con los “reales”. En el caso del sólido también, nos acercamos bastante al valor real, aún así, podemos considerar excelentes todos estos resultados.

Luego ya al observar los coeficientes de viscosidad dinámica vemos, en el alcohol, una similitud muy grande, pero en la acetona un error ciertamente grande. Hay causas no tenidas en cuenta que podríamos mencionar que puedan haber llevado a tal error: la pera de succión estaba en cierto mal estado, con pequeñas regiones de fuga (rotura) que no permitían un buen vacío así como su extremo desgaste que hacía que el líquido a evaluar fuera contaminado por partículas imposibles, pese a nuestros esfuerzos, de eliminar que daban un carácter más impuro a la concentración; también nuestro puesto de trabajo estaba al sol, lo que podía afectar a la evaporación de estos líquidos o la variación de su viscosidad dinámica. Quitando esto, los resultados han sido bastante buenos y podrían ser dignos de tener en cuenta.

6• Bibliografía

- *Viscosity of Liquids and Gases. (s. f.).* <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Tables/viscosity.html>
- *Wikipedia contributors. (2024d, abril 30). Density. Wikipedia.* <https://en.wikipedia.org/wiki/Density>
- *Wikipedia contributors. (2024e, mayo 6). Viscosity. Wikipedia.* <https://en.wikipedia.org/wiki/Viscosity>

10/04

DENSIDAD Y VISCOSIDAD

1ª PARTE VOLUMEN PICO METRO

1º Llenamos el vaso de picómetro con agua y dejamos reposar a T° de Lab. (20°C ± 21,5°C)

Σ_{agua}: Peso picómetro: 19,094 ± 0,004 g (en res luego se lava con agua destilada)

Medida	Peso (g)	Volumen (g)
1	45,293	0,001g
2	45,280	0,001g
3	45,294	0,001g
4	45,291	0,001g
5	45,286	0,001g
6	45,307	0,001g
7	45,292	0,001g
8	45,287	0,001g
9	45,288	0,001g
10	45,286	0,001g

10-04-2024
Dato


Microbalabs

Picos con Acetal

Medida	Peso (g)	Volumen (g)
1	40,240	0,001
2	40,206	0,001
3	40,189	0,001
4	40,202	0,001
5	40,174	0,001
6	40,169	0,001
7	40,157	0,001
8	40,150	0,001
9	40,155	0,001
10	40,160	0,001

Microbalabs

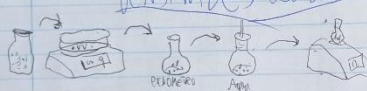
Medida	Peso (g)	Volumen (g)
1	40,308	0,001
2	40,265	0,001
3	40,272	0,001
4	40,194	0,001
5	40,237	0,001
6	40,234	0,001
7	40,247	0,001



10-04-2024
Dato

Medida	Peso (g)	Volumen (g)
8	40,264	0,001
9	40,255	0,001
10	40,257	0,001

2DA PARTE DENSIDADES SÓLIDAS



Residuo (trazado): 13,427g ± 0,001
1 Res = 0,04g

Medida	Peso (g)
1	57,508
2	57,512
3	57,512
4	57,567
5	57,506
6	57,508
7	57,538
8	57,541

10-04-2024
Dato

3RA PARTE VISCOSIMETRÍA

Se diluyen los viscosímetros, muestra degradable.
Se muestra en el tiempo de reacción humana en

T° agua: 22,5°C T° viscosímetro: 23,0°C

Medida	Tiempo (s)
1	108,35
2	108,40
3	108,57
4	107,29
5	107,47
6	107,16
7	107,12
8	106,66
9	106,65
10	106,65

10-04-2020
Dato

Astena

Mesidi	Tempo (s)
1	60,28
2	60,50
3	60,59
4	59,38
5	62,47
6	60,33
7	58,38
8	60,63
9	58,63
10	58,34

8	
9	
10	

Alkohol

3108,50

Mesidi	Tempo (s)
1	188,56
2	193,50
3	196,44
4	195,63
5	196,65
6	198,72
7	