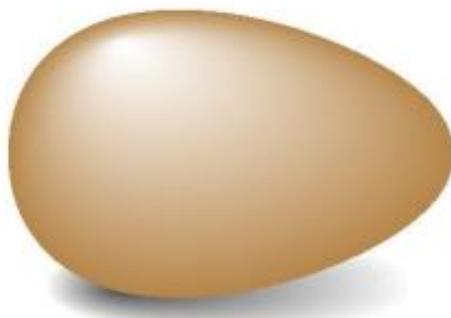


Определение плотности тела неправильной формы (куриного яйца)



I способ. Расчет средней плотности куриного яйца

Дополнительная информация о курином яйце.

Масса 45–65 г, в среднем яйце содержится (по массе) 32% желтка, 56% белка, 12% скорлупы, энергетическая ценность 314 Дж.

Желток представляет собой густую, желтоватую массу из множества форменных тел – желточных шаров, и состоит из особого белка, именуемого вителлином (относящегося к глобулинам), лицетина – вещества, содержащего фосфор, холестерина, или желточного масла – желтого красящего вещества лутеина, – и минеральных солей, среди которых преобладают фосфаты калия; в желтке также имеется и железо.

Белок отличается от желтка отсутствием желточных шаров. Он представляет собой конгломерат крайне тонкостенных клеток, содержимое которых состоит преимущественно из богатого водой белка. Кроме того, в белке имеется некоторое количество омыленных жиров, сахар, принимаемый за виноградный, и соли, среди которых преобладает поваренная. Белок куриного яйца содержит по массе 10–13% белка (глобулины, альбумины, альбумозы), 85% воды, 0,7% поваренной соли, остальное в основном жиры. Замечательно, что распределение солей между желтком и яичным белком аналогично распределению их в крови между кровяными шариками и плазмой: в желтке, как и в кровяных шариках, преобладают фосфаты калия, тогда как в яичном белке преобладает хлорид натрия.

Скорлупа в основном содержит известняк $\approx 100\%$

Средний химический состав яйца (без скорлупы) по массе:

- вода: 73,67%;
- белки: 12,57%;
- жиры: 12,02%;
- углеводы: 0,67%;
- минеральные соли: 1,07%.

Приблизительная плотность некоторых веществ, входящих в состав яйца:

- вода: 1 г/см³;
- белки: 1,33 г/см³;
- жиры: 0,93 г/см³;
- углеводы: 1,58 г/см³;
- минеральные соли (хлорид натрия): 2,16 г/см³;
- известняк: 2,7 г/см³.

Плотность рассчитывают, используя свойство аддитивности удельных объемов веществ, не реагирующих химически:

$$\frac{x_1}{\rho_1} + \frac{x_2}{\rho_2} + \frac{x_3}{\rho_3} + \dots = \frac{1}{\rho_{\text{смеси}}}$$

где x – массовая доля компонента (если, например, содержание по массе 30%, то массовая доля 0,3), ρ – его плотность.

Состав	Содержание по массе, %	Массовая доля	Плотность, г/см ³
Состав яйца:			
(Белок + желток)	88		
Скорлупа	12		
Состав смеси:			
(Белок + желток)			
Вода	73,67	$0,7367 \cdot 0,88 =$	
Белки	12,57	$0,1257 \cdot 0,88 =$	
Жиры	12,02	$0,1202 \cdot 0,88 =$	
Углеводы	0,67	$0,0067 \cdot 0,88 =$	
Минеральные соли	1,07	$0,0107 \cdot 0,88 =$	
Состав скорлупы:			
известняк	100	$1 \cdot 0,12 =$	

Подставить данные в формулу:
$$\frac{1}{\rho_{\text{яйца}}} = \frac{x_1}{\rho_1} + \frac{x_2}{\rho_2} + \frac{x_3}{\rho_3} + \frac{x_4}{\rho_4} + \frac{x_5}{\rho_5} + \frac{x_6}{\rho_6};$$

Откуда, плотность яйца:

II способ. Метод Архимеда

Опустив яйцо в воду, по объему вытесненной воды определяем объем яйца, взвешиваем яйцо на весах, находим массу и вычисляем плотность.

Оборудование: отливной сосуд, мензурка (100 мл), весы с разновесами, яйцо.

Ход работы

1. Уравновесьте чашки весов; запишите инструментальную погрешность весов.
2. Взвесьте исследуемое тело, запишите массу тела. Выходит ли масса данного куриного яйца за общепринятые пределы?
3. Выпишите номинальные массы гирь разновесов и соответствующую им ошибку измерений согласно таблице. Вычислите ошибку измерения массы:

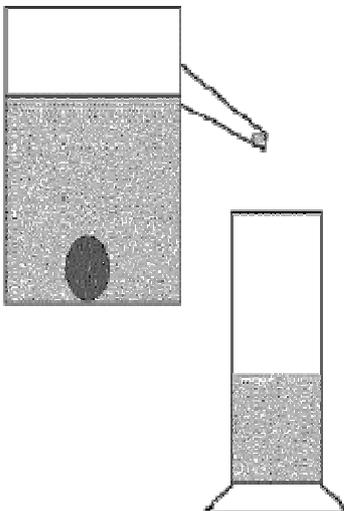
$$\Delta m = \Delta_{\text{весов}} + \Delta_{\text{всех гирь}} + \Delta_{\text{подбора гирь}}$$

4. Наполните отливной сосуд водой; подставьте химический стакан (100 мл) под отлив, медленно опустите яйцо в воду.

5. Убедившись, что вся вытесненная вода перетекла в стакан, вылейте эту воду в мензурку объемом 100 мл. Определите объем вытесненной жидкости и запишите этот объем с учетом ошибки.

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

6. Вычислите плотность тела по формуле:
7. Запишите полученный результат с учетом ошибки измерений.
8. Эскизно изобразите проведение опыта



Плотность некоторых жидкостей	
Жидкость	Плотность, г/см ³
Бензин	0,70
Ацетон	0,80
Бензол	0,88
Вода	1,00
Глицерин	1,26
Бромбензол	1,52
Тетрахлорметан	1,60
Йодбензол	1,83
1,2-бромбензол	1,96
Трибромметан	2,89
Диодметан	3,33

Расчет ошибки

Косвенная ошибка измерения плотности [5, с. 366–368]:

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V}{V}\right)^2},$$

где $\Delta m = \Delta_{\text{весов}} + \Delta_{\text{всех гирь}} + \Delta_{\text{подбора гирь}}$ – абсолютная ошибка измерения массы, $\Delta_{\text{весов}}$ – инструментальная погрешность, $\Delta_{\text{всех гирь}}$ – суммарная погрешность массы использованных разновесов (см. таблицу ниже), $\Delta_{\text{подбора гирь}}$ – погрешность подбора гирь, равная половине массы наименьшей гири; ΔV – абсолютная ошибка измерения объема.

Пример. Пусть найденная экспериментально масса яйца составляет $m = 56,96 \text{ г} = 50 \text{ г} + 5 \text{ г} + 1 \text{ г} + 500 \text{ мг} + 200 \text{ мг} + 200 \text{ мг} + 50 \text{ мг} + 10 \text{ мг}$, его объем $V = 152 \text{ мл} = 152 \text{ см}^3$.

Взвешивание проводилось на арретированных технических весах чувствительностью 5 мг. Однако с увеличением массы взвешиваемого тела погрешность возрастает, и при $m \approx 57 \text{ г}$, согласно паспорту, $\Delta_{\text{весов}} \approx 100 \text{ мг}$.

Погрешность разновесов	
Номинальная масса гири	Погрешность, мг
10 мг	± 1
20 мг	± 1
50 мг	± 1
100 мг	± 1
200 мг	± 2
500 мг	± 3
1 г	± 4
5 г	± 8
10 г	± 12
20 г	± 20
50 г	± 30
100 г	± 40

По таблице: определяем погрешность всех гирь: $\Delta m_{\text{всех гирь}} = (30 + 8 + 4 + 3 + 2 + 2 + 1 + 1) \text{ мг} = 51 \text{ мг}$.

Погрешность подбора гирь $\Delta_{\text{подбора гирь}} = 5 \text{ мг}$.

В итоге абсолютная ошибка $\Delta m = (100 + 56) \text{ мг} \approx 160 \text{ мг}$, а относительная ошибка $\Delta m/m \approx 0,3\%$.

Абсолютная ошибка измерения объема $\Delta V \approx 1 \text{ мл} = 1 \text{ см}^3$, а относительная ошибка составляет $\Delta V/V \approx 1,5\%$. Эта ошибка и определяет в значительной степени погрешность определяемой плотности.

III способ. Метод безразличного плавания

«...если вес тела в точности равен весу вытесненной жидкости, оно будет находиться в равновесии внутри жидкости. Например, куриное яйцо тонет в пресной воде, но плавает в соленой. Можно сделать раствор соли, концентрация которого постепенно уменьшается кверху, так что выталкивающая сила внизу сосуда больше, а вверху – меньше веса яйца. В таком растворе яйцо держится на такой глубине, где его вес равен выталкивающей силе. Если твердое тело однородно, т.е. во всех точках имеет одну и ту же плотность, то тело будет тонуть, всплывать или оставаться в равновесии внутри жидкости в зависимости от того, больше ли плотность тела плотности жидкости, меньше или равна ей. В случае неоднородных тел нужно сравнивать с плотностью жидкости среднюю плотность тела» [6]. Значит, можно подобрать такой однородный раствор соли в воде, в котором яйцо плавает на некоторой глубине. Плотность раствора можно измерить с помощью ареометра. поскольку само измерение плотности занимает немного времени, четырех-пяти ареометров на класс достаточно

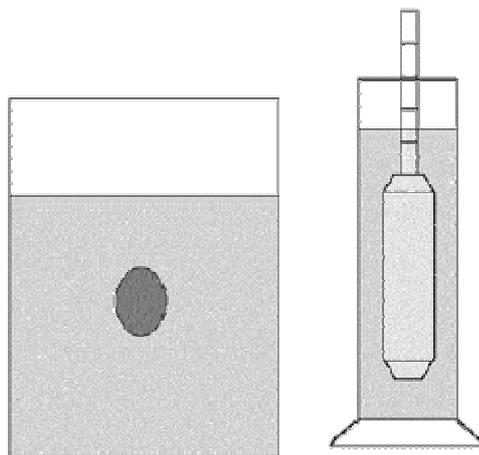
Этот метод применяется в лабораторной практике при определении, например, плотности мелких кристаллов в достаточно широких пределах. Для этого смешением нескольких жидкостей разной плотности подбирается такой раствор, в котором кристаллик плавает в толще жидкости. Из приведенной таблицы видно, что, например, алюминий должен плавать в дииндметане. Следует заметить, что не все приведенные в таблице жидкости между собой смешиваются и не все безопасны в обращении.

Оборудование: мензурка (250 мл), мерный стакан (400 мл), химический стакан (250 мл), ареометр, насыщенный раствор поваренной соли, стеклянная палочка.

Ошибка измерений в данном случае определяется ценой деления ареометра (например $0,002 \text{ г/см}^3$) и, следовательно, составляет половину цены деления (т.е. около 0,1%), т.е. сравнима с ошибкой определения массы в первом методе.

Ход работы

1. Убедитесь, что ареометр предназначен для измерения плотностей, которые больше 1 г/см^3 . Определите цену деления ареометра.
2. Положите яйцо на дно мерного стакана (400 мл), налейте чистой воды до половины.
3. Начните доливать крепкий раствор поваренной соли, слегка помешивая стеклянной палочкой, до тех пор, пока яйцо не начнет отрываться от дна. Убедитесь, что яйцо не всплывает на поверхность. Если яйцо всплыло, долейте чистой воды, чтобы уменьшить плотность раствора.
4. Перелейте раствор в мензурку. Аккуратно опуская ареометр в мензурку, измерьте плотность раствора. Запишите полученное значение с учетом ошибки измерений.
5. Эскизно изобразите проведение опыта, укажите силы, действующие на яйцо, плавающее в мерном стакане.



Проанализировать полученные результаты. Составить шкалу разброса результатов, полученных каждым из методов.

По материалам М. А. Бражникова

Истоки народной мудрости

*Из вороньего гнезда не
возьмешь куриного*



Искать кости в курином



камня не разбить



Невезучий и в курином

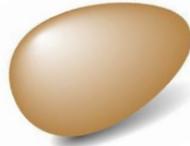


кость найдет

Сидит, как курица на

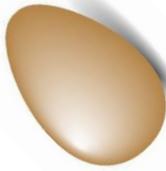


Курица через клюв



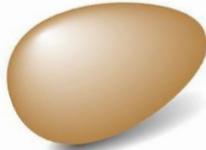
несет.

Курицу



не учат.

Дорого

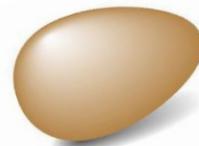


, да к красному дню.

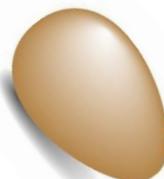
Все налицо, как выведенное



*Коли по ранней весне ранние
крупны, то ранние овсы пойдут в
рост лучше.*



Хороший петух уже в



кукарекает.