

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО ФИЗКА

29 – 31 2024 г.

Тема 11 – 12 клас (пета състезателна група)

Експериментален кръг

Задача 2

Теоретична част

Описанието на състава смес от няколко вещества може да стане, като се въведе величината *масова част* – w . Масовата част на i -та компонента на сместа представлява отношението на масата на съответната компонента m_i към цялата маса на сместа – $w_i = m_i / \sum_{j=1}^N m_j$. Както се вижда w е безразмерна величина и може да бъде изразена в проценти. Поиякога, за да се знае, че става въпрос за отношение на маси се използва и означението m/m %.

Лесен начин за определяне на масовата част на дадено вещество в разтвор е чрез изследване на зависимостта на показателя на пречупване на разтвора n от w . Нещата се опростяват допълнително ако тази зависимост е линейна, както например е в случая на захарен разтвор.

Задачи

Задачата ви е да изследвате зависимостта $n(w)$, за захарен разтвор, от която да определите масата на неизвестно количество захар, както и показателя на пречупване на чистата вода. За целта разполагате с захарен разтвор и чиста вода, с която може да го разреждате, за да получите други масови части. За всяка масова част ще измерите показателя на пречупване и така ще получите зависимостта $n(w)$. Освен това, разполагате и с неизвестно количество захар, чиято маса се търси.

Вижте указанията по-долу и предложете метод, позволяващ многократни измервания, за определяне на показателя на пречупване n , на разтвора, с възможно най-голяма точност. Опишете подробно последователността на работа. (5.5 т.) Направете чертеж на използваната „установка“. (1 т.) Запишете измерените величини, които са нужни за пресмятане на n в таблица. Определете абсолютните им грешки. (1 т.) За всяко измерване пресметнете n и запишете получената стойност в таблицата. Пресметнете средната стойност на n за дадено w . Повторете измерванията за n за различни масови части. (5 т.) Опишете как получавате всеки разтвор, като направете таблица, в която да запишете колко вода сте използвали и каква масова част получавате. (3 т.) Начертайте зависимостта $n(w)$ (3.5 т.) от нея определете показателя на пречупване на чистата вода. (0.5 т.) В последния разтвор, който използвате, добавете захарта и използвайте получената зависимост, за да определите масата ѝ. (0.5 т.)

Уреди и материали

- | | |
|---|--|
| • Бехерова чаша с захарен разтвор 1 бр. | • спринцовка 1 бр. |
| • съд с 500 ml чиста вода 1 бр. | • листа бяла хартия 5 бр. |
| • неизвестно количество захар 1 бр. | • самозалепващи се листчета хартия 4 бр. |
| • фенерче със стойка 1 бр. | • ластици 3 – 4 бр. |
| • шублер и триъгълник 1 бр. | • черен тънкописец 1 бр. |

Указания

- закрепете един от белите листа около Бехеровата чаша, в която се намира течността, така че краищата му да формират процеп. При осветяване на процепа може да наблюдавате образа му на „задната“ страна на чашата. Разгледайте хода на лъчите през чашата и като използвате, че напречното ѝ сечение е окръжност, както и закола на Снелиус, определете n ;
- захарният разтвор в Бехеровата чаша е направен от 110 g вода и 90 g захар;
- четири различни масови части са напълно достатъчни за зависимостта $n(w)$, както и четири измервания на n за дадено w ;
- тънкописецът може да се използва за по-лесно отбелязване върху екрана (белият лист около чашата);
- за последната част от задачата използвайте всичката предоставена захар;
- плътността на водата е 1000 kg/m^3 ;
- не гледайте директно към диода на фенерчето и го изключвайте, когато не го използвате.

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО ФИЗКА

29 – 31 2024 г.

Тема 11 – 12 клас (пета състезателна група)

Експериментален кръг

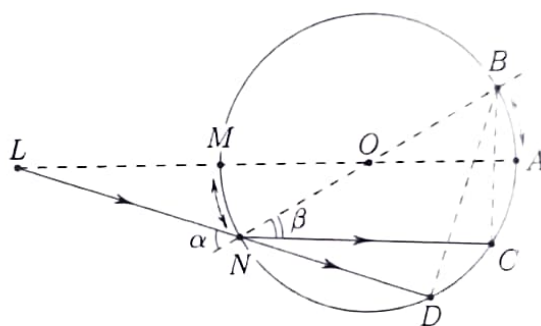
Задача 2

Примерни решения и указания

Планиране и оптимизиране на експеримента

Показателят на пречупване n , за дадена масова част w , може да се определи по следния начин. Взимаме бял лист, който увиваме с дългата му страна около Бехеровата чаша (трябва да скъсаме листа по дължина, защото е по-широк от височината на чашата). Листът е по-къс от обиколката на чашата и затова се формира се процеп. Ако осветим процепа с фенерчето, на задната страна на чашата, върху листа, се вижда широка светла ивица (така листа играе роля и на екран)

Листът може да се задържи около чашата с помощта на ластиците. Процепът трябва да е достатъчно „висок“, така че светлината, която минава през него, да минава през течността и въздуха над нея. Фигурата вдясно представлява напречно сечение на чашата, гледана отгоре. Точка L представлява фенерчето, а т. N процепът. В общо положение на чашата се виждат две ивици, една формирана от лъчите минаващи през течността, т. C и една от лъчите минаващи през въздуха, т. D . Нагласяме чашата така, че тези две ивици да съвпадат във вертикално направление. Това положение отговаря на нормално падане на лъчите към повърхността на чашата, тогава процепът се намира в т. M , а т. C и D съвпадат с т. A . (0.5 т.)



(1 т.)

Ако завъртим чашата около оста си, т. O , ивиците се отместват и раздалечават една от друга. (0.5 т.) Така може да определим ъгъла на падане α и ъгъла на пречупване β . От закона на Снелиус пресмятаме показателя на пречупване на течността $n = \sin \alpha / \sin \beta = BD/BC$. (1 т.) В случая приемаме, че показателят на пречупване на въздуха е $n_0 = 1$, а стената на чашата е много тънка и не оказва влияние на хода на лъчите. (0.5 т.)

Процепът формиран само от листа е прекалено широк и неизползваем. Може да направим потесен процеп, като използваме самозалепващите листчета. Първо залепяме две едно за друго (за да станат колкото височината на чашата), после внимателно залепяме всяка двойка листчета на чашата, като се стремим да бъдат максимално вертикални. Това може да стане ако ги изравним с единия катет на предоставения триъгълник и ги притиснем към чашата, докато другият катет на триъгълника е опрян на масата. Това е важно защото ако процепа не е вертикален ивиците също няма да са такива и разстояния BC и BD ще бъдат измерени грешно. (1 т.) За да намалим тази грешката е важно да маркираме положението на ивиците възможно най-близо до границата течност-въздух (така дори при леко наклонен процеп може да получим добри резултати). (1 т.) За да получим тънък сноп лъчи от процепа трябва да отдалечим фенерчето максимално от чашата. При завъртане на чашата трябва да внимаваме това да става около центъра ѝ. (0.5 т.) С маркера отбелязваме положенията на т. C и D за два различни ъгъла на завъртане по посока на часовниковата стрелка и обратно, така ще имаме общо четири изметвания. Махаме екрана от чашата, през маркираните точки прекарваме вертикални прави. Връщаме екрана на чашата и с помощта на шублера измерваме хордите BC и BD . (0.5 т.) Резултатите записваме в таблица. Подобен резултат може да се получи и ако измерваме дължините на дъгите BC и BD , но тогава трябва да знаем и радиуса на чашата и резултатите са по-неточни.

За определяне на зависимостта $n(w)$ ще трябва да направим поне четири различни разтвора. Първоначално имаме 45% разтвор и 500 ml чиста вода. Минималната масова част, която може да се получи е $w = 90/(90 + 110 + 500) = 12.86\% \approx 13\%$. Това значи, че може да направим следните разтвори – 45, 35, 25 и 15%. В таблицата по-долу са показани и количествата вода, необходими да се добавят към първоначалния разтвор за получаване на съответната масова част.

Експериментални данни

За равномерно разпределени масови части се дават (1.5 т.). За означение на мерните единици в таблиците се дават (0.5 т.). Точността на измерванията с шублер е $\Delta x = 0.05 \text{ mm}$. (1 т.) Ако в някоя от таблиците с измерените разстояния има числа, които не завършват на 0 или 5 не се дават точки за нея. За всяка правилна таблица се дават по (1 т.), максимално (6 т.).

N°	BC, mm	BD, mm	n	BC, mm	BD, mm	n	BC, mm	BD, mm	n
1	21.15	30.40	1.437	20.60	29.10	1.413	18.10	25.25	1.395
2	37.35	53.45	1.431	35.30	50.35	1.426	31.90	44.85	1.406
3	14.40	20.55	1.427	14.95	21.15	1.415	17.35	24.25	1.398
4	31.45	45.00	1.431	30.95	44.15	1.426	31.00	43.15	1.392
			$w = 45\%, \bar{n} = 1.430$			$w = 35\%, \bar{n} = 1.420$			$w = 25\%, \bar{n} = 1.395$

$w = 45\%, \bar{n} = 1.409$								
Nº	BC, mm	BD, mm	n	BC, mm	BD, mm	n	m_b , g	w, m/m %
1	17.95	24.85	1.384	18.50	26.20	1.416	0	45 = 90/(110 + 90)
2	29.45	40.45	1.374	32.10	45.20	1.408	57	35 = 90/(200 + 57)
3	18.15	25.20	1.388	14.65	20.55	1.403	103	25 = 90/(257 + 103)
4	32.30	44.35	1.373	25.45	35.35	1.389	240	15 = 90/(360 + 240)
$w = 15\%, \bar{n} = 1.380$			$w = x\% = 32\%, \bar{n} = 1.409$			$m_3 = 150 \text{ g (0.5 т.)}$		

При означени всички пет точки на графиката, прекарана линейна зависимост и означени оси се дават (3.5 т.). От пресечната точка на графиката с оста y определяме $n_b = 1.354$. (0.5 т.)

