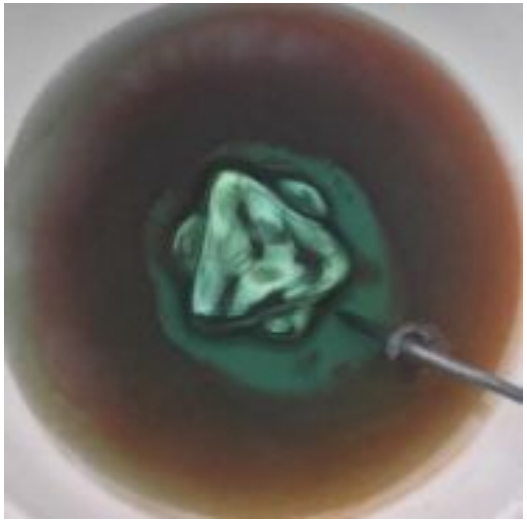
ЦДООШ
ЦЕНТР ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ОДАРЕННЫХ ШКОЛЬНИКОВ

Всероссийский Химический Турнир Школьников

Задача 11
«Ртутное сердце»

Команда: Мастера Беспорядка

Условие задачи



Химия – это наука о любви, как гласит расхожая цитата. И эта любовь может заставить пульсировать даже сердце, отлитое из металла. Это подтверждает опыт под названием "ртутное сердце". Его методика заключается в следующем: каплю ртути помещают в раствор серной кислоты с малым содержанием дихромата калия, после чего к капле прикасаются железным гвоздем или проволокой. При этом наблюдается пульсация капли с обратимым изменением её формы. Ртуть в этом опыте можно заменить на галлий, однако капля металла в данном случае не будет образовывать симметричные формы, подобно переходящим друг в друга треугольникам ртути. Приведите объяснения для явлений, наблюдаемых в этом опыте. Предложите аналогичный опыт, безопасный и осуществимый в условиях школьной лаборатории. Опыт обязан включать в себя обратимое изменение формы объекта за счет химических процессов, но не обязан включать в себя те же вещества, что и эксперименты, указанные в условии задачи.

Цель

1. Привести объяснения для явлений, наблюдаемых при проведении опыта «ртутное сердце».

2. Предложить аналогичный опыт, безопасный и осуществимый в условиях школьной лаборатории.

Критерии выбора модели

- низкая температура плавления
- нетоксичность
- невысокая химическая активность
- доступность

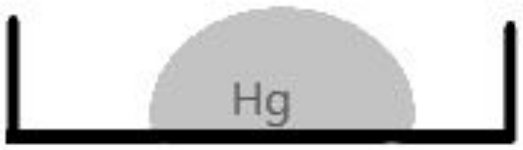
Анализ литературы

Физические величины. Справочник. — М.: Энергоатомиздат, 1991.
В. Я. Хавин. Краткий химический справочник. — Л.: Химия, 1991.
В. И. Перельман. Краткий справочник химика. — М.-Л.: Химия, 1964.
Справочник по пайке. — изд 2-е, перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1984.

Наше решение

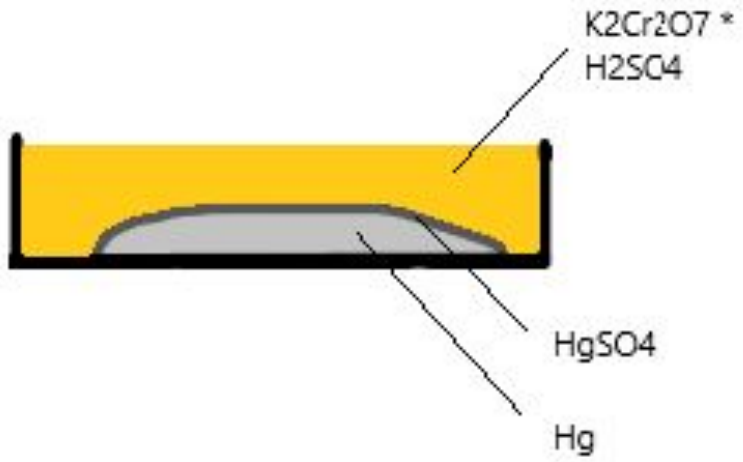
- Суть опыта:

1) На стекло помещают каплю ртути и капают 6M р-ром H_2SO_4, добавляют $K_2Cr_2O_7$

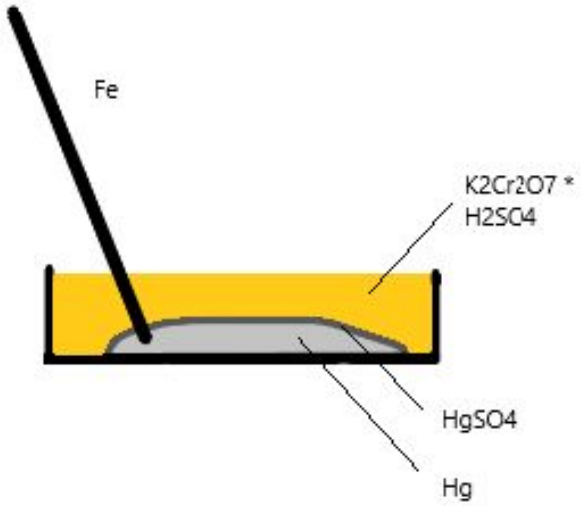


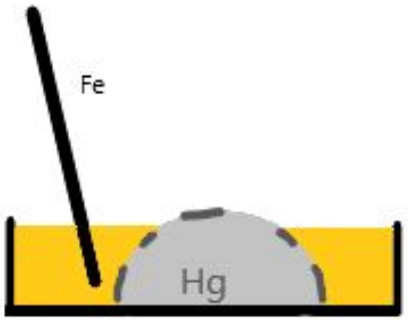
2) Ртуть на поверхности капли окисляется до сульфата($HgSO_4$)-> поверхностное натяжение капли уменьшается-> капля растекается.

$Hg^0 + SO_4^{2-} \rightarrow HgSO_4$



- 3) При касании капли железной проволокой, ртуть на поверхности восстанавливается ($Fe^0 + Hg^{2+} \rightarrow Fe^{2+} + Hg^0$)-> поверхностное натяжение капли растет-> капля стремится к уменьшению площади своей поверхности-> капля сжимается.





- Аналогичный опыт

Нам необходимо засчёт исключительно химических свойств вещества изменить его поверхностное натяжение, сделав реакцию самовоспроизводяще йся

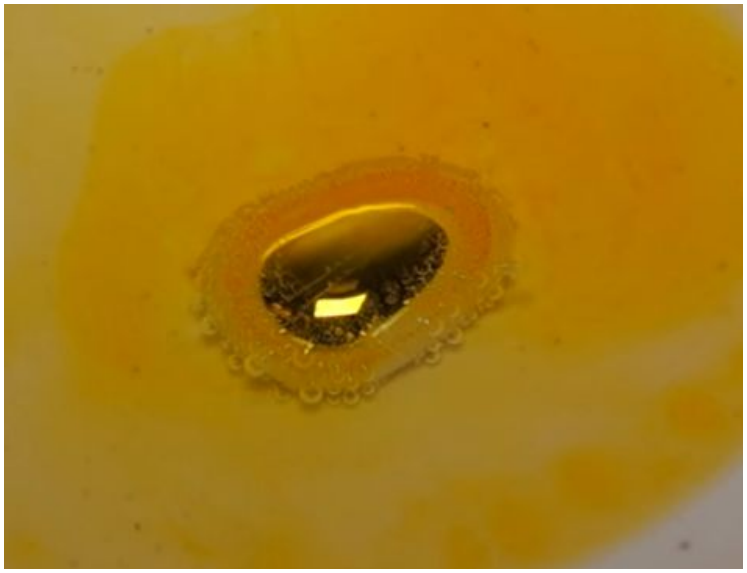


Рис. . Галлиевый вариант опыта

https://www.youtube.com/watch?v=BuZOemSiKI0

натрий 96,7 %, золото 3,3 %	80		Т	Хим.акт.	**Эвтектический сплав**
натрий 80 %, ртуть 20 %	80		Т	Хим.акт, Токсичен.	
висмут 35,3 %, кадмий 9,5 %, свинец 35,1 %, олово 20,1 %	80		Т, П, М	Токсичен.	
висмут 58 %, индий 17 %, олово 25 %	79		Т, П, М		**Эвтектический сплав**. Сплав Филдса (англ.) русск.
висмут 50 %, свинец 34,5 %, олово 9,3 %, кадмий 6,2 %	77		Т, П, М	Токсичен.	
висмут 50 %, свинец 34,4 %, олово 9,4 %, кадмий 6,2 %	76,5		Т, П, М	Токсичен.	
висмут 27,5 %, кадмий 34,5 %, свинец 27,5 %, олово 10,5 %	75		Т, П, М	Токсичен.	
висмут 33,7 %, индий 65,3 %	72		Т, П, М	∑?	**Эвтектический сплав**
висмут 38,4 %, свинец 30,8 %, олово 15,4 %, кадмий 15,4 %	71		Т, П, М	Токсичен.	
висмут 49,5 %, свинец 27,27 %, олово 13,13 %, кадмий 10,1 %	70		Т, П, М	Токсичен.	**Эвтектический сплав**
висмут 50 %, свинец 26,3 %, олово 13,3 %, кадмий 10 %	70		Т, П, М	Токсичен.	
натрий 70 %, ртуть 30 %	70		Т	Хим.акт, Токсичен.	
висмут 48,8 %, свинец 24,3 %, олово 13,8 %, кадмий 13,1 %	68,5		Т, П, М	Токсичен.	
висмут 52,2 %, свинец 26 %, олово 14,8 %, кадмий 7 %	68,5		Т, П, М	Токсичен.	
висмут 50,1 %, свинец 26,6 %, олово 13,3 %, кадмий 10 %	68		Т, П, М	Токсичен.	**Сплав Липовица**
висмут 50 %, свинец 25 %, олово 12,5 %, кадмий 12,5 %	68		Т, П, М	Токсичен.	**Сплав Вуда**
висмут 50,4 %, свинец 25,1 %, олово 14,3 %, кадмий 10,2 %	67,5		Т, П, М	Токсичен.	**Сплав Вуда**
висмут 50,1 %, свинец 24,9 %, олово 14,2 %, кадмий 10,8 %	65,5		Т, П, М	Токсичен.	**Сплав Вуда**
натрий 99 %, таллий 1 %	64		Т	Хим.акт	**Эвтектический сплав**
висмут 50,0 %, олово 12,5 %, свинец 25 %, кадмий 12,5 %	60,5		Т, П, М, Ж	Токсичен.	
висмут 53,5 %, олово 19 %, свинец 17 %, ртуть 10,5 %	60		Т	токсичен	
натрий 60 %, ртуть 40 %	60		Т	Хим.акт. Токсичен.	
висмут 49,4 %, индий 21 %, свинец 18 %, олово 11,6 %	57		Т, П, М, Ж		**Эвтектический сплав**
ртуть 70 %, натрий 30 %	55		Т	токсичен, реаг.с водой.	
висмут 42 %, свинец 32 %, ртуть 20 %, кадмий 6 %	50		Т	токсичен	
висмут 36 %, ртуть 30 %, свинец 28 %, кадмий 6 %	48		Т	токсичен	

висмут 36 %, ртуть 30 %, свинец 28 %, кадмий 6 %	48		Т	токсичен	
висмут 47,7 %, индий 19,1 %, олово 8,3 %, кадмий 5,3 %, свинец 22,6 %	47		Т, П, М, Ж	Токсичен.	**Эвтектический сплав**
натрий 50 %, ртуть 50 %	45		Т	Хим.акт.	
висмут 40,2 %, кадмий 8,1 %, индий 17,8 %, свинец 22,2 %, олово 10,7 %, таллий 1 %	41,5		Т, П, М, Ж	Токсичен.	
галлий 95 %, цинк 5 %	25	5,95	Т		
натрий 85,2 %, ртуть 14,8 %	21,4		Т	Хим.акт.	
галлий 92 %, олово 8 %	20		Т		
галлий 82 %, олово 12 %, цинк 6 %	17	6,13	Т		
галлий 76 %, индий 24 %	16	6,235	Т		
галлий 67 %, индий 29 %, цинк 4 %	13	6,355	Т		
Галлий 67 %, индий 20,5 %, олово 12,5 %	10,6		Т		
галлий 62 %, индий 25 %, олово 13 %	4,85	6,44	Т		
галлий 61 %, индий 25 %, олово 13 %, цинк 1 %	3	6,4	Т		**Русский сплав**
рубидий 91,8 %, натрий 8,2 %	−4,5	1,485	Т	Хим.акт.	
калий 77,3 %, натрий 22,7 %	−12,5	0,882	Т, Л, И	Хим.акт.	**Эвтектический сплав NaK**
цезий 93 %, натрий 7 %	−28	1,765	Т, И	Хим.акт.	
цезий 94,5 %, натрий 5,5 %	−30	1,778	Т, И	Хим.акт.	
ртуть 97,2 %, натрий 2,8 %	−48,2	13,16	Т	Реаг.с водой.	
ртуть 91,44 %, таллий 8,56 %	−61	13,45	Т	Токсичен	**Наиболее легкоплавкая амальгама**
натрий 12 %, калий 47 %, цезий 41 %	−78	1,28	Т, И	Реаг. с водой.	**Советский сплав**

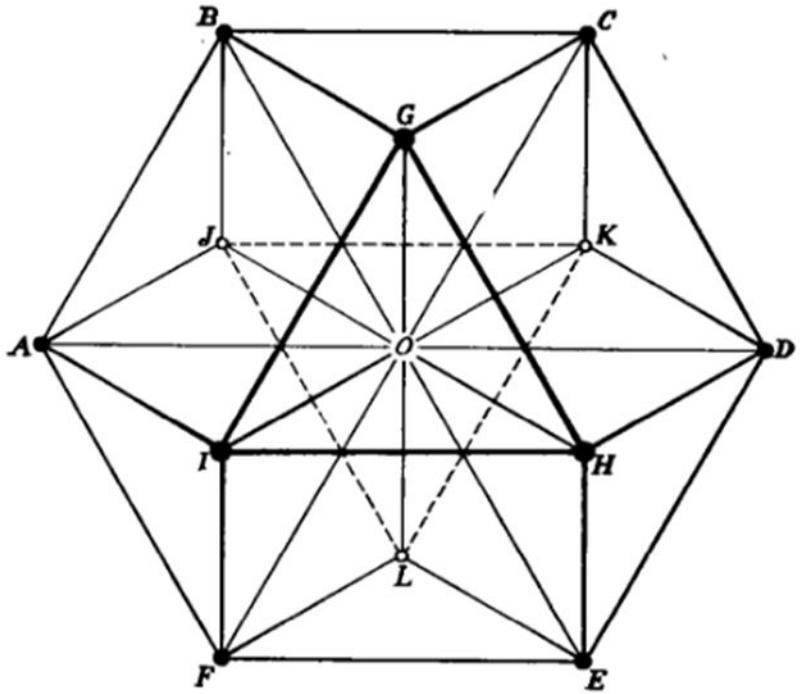


Рис. . Структура кристаллической решетки галлия

https://www.chem21.info/info/279101/

Рис. 24. Кристаллическая структура ртути $\alpha = 70°31{,}7'$

Рис. . Структура кристаллической решетки ртути

https://mash-xxl.info/pic1/110054132261761640930201982550850551770710171 28.png

Возможные варианты

- Висмут 49,4 %, индий 21 %, свинец 18 %, олово 11,6 % при t воды> 60°C [2]
- Гвоздь можно использовать также железный.
- Сплав не токсичен.

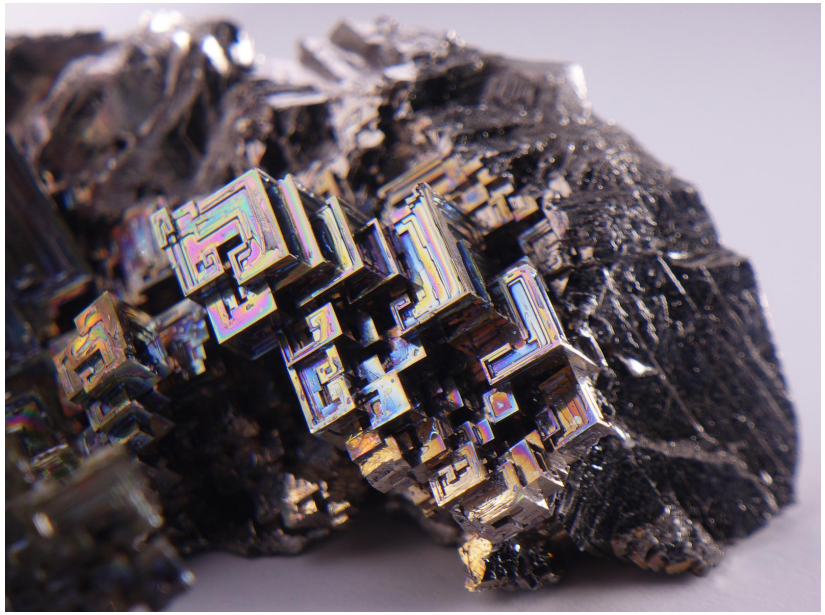


Рис. . Висмут

https://s1.funon.cc/img/orig/201803/11/5aa5af1af2ca4.jpg

- Сплав Филдса[3]
- Висмут 58 %, индий 17 %, олово 25 % при t воды> 80°C
- Железный гвоздь.
- Не токсичен.

Рис. . Висмут

https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-5e13df666e728f0b41770a75c0b0e3d4-c

Преимущества и недостатки решения

+ Я схематично объяснил процессы, происходящие при проведении опыта «Ртутное сердце». Я объяснил, почему не получается опыт с галлием.

- Металлы, в данных сплавах достаточно дорогие.

Вывод

1. Были приведены объяснения для явлений, наблюдаемых при проведении опыта «ртутное сердце».

2. Предложены аналогичные варианты проведения этого опыта, безопасные и осуществимые в условиях школьной лаборатории.

Источники информации

[1] *https://www.chem21.info/info/1164769/*
[2]*Физические величины. Справочник. — М.: Энергоатомиздат, 1991.*
В. Я. Хавин. Краткий химический справочник. — Л.: Химия, 1991.
В. И. Перельман. Краткий справочник химика. — М.-Л.: Химия, 1964.
Справочник по пайке. — изд 2-е, перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1984.
[3]Heavy Metals—Advances in Research and Application: 2013 Edition
https://en.wikipedia.org/wiki/Field%27s_metal

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!