

Сульфиды и им подобные соединения

Элементы, для которых характерны сульфиды

11 Na 22,98977 натрий	12 Mg 24,305 магний	13 Al 26,98154 алюминий	14 Si 28,086 кремний	15 P 30,97376 фосфор	16 S 32,06 сера	17 Cl 35,453 хлор	18 Ar 39,948 аргон		
19 K 39,0983 калий	20 Ca 40,08 кальций	21 Sc 44,9559 скандий	22 Ti 47,90 титан	23 V 50,9415 ванадий	24 Cr 51,996 хром	25 Mn 54,9380 марганец	26 Fe 55,847 железо	27 Co 58,9332 кобальт	28 Ni 58,70 никель
29 Cu 63,546 медь	30 Zn 65,38 цинк	31 Ga 69,72 галлий	32 Ge 72,59 германий	33 As 74,9216 мышьяк	34 Se 78,96 селен	35 Br 79,904 бром	36 Kr 83,80 криптон		
37 Rb 85,4678 рубидий	38 Sr 87,62 стронций	39 Y 88,9059 иттрий	40 Zr 91,22 цирконий	41 Nb 92,9064 ниобий	42 Mo 95,94 молибден	43 Tc 98,9062 технеций	44 Ru 101,07 рутений	45 Rh 102,9055 родий	46 Pd 106,4 палладий
47 Ag 107,868 серебро	48 Cd 112,41 кадмий	49 In 114,82 индий	50 Sn 118,69 олово	51 Sb 121,75 сурьма	52 Te 127,60 теллур	53 I 126,9045 йод	54 Xe 131,30 ксенон		
55 Cs 132,9054 цезий	56 Ba 137,33 барий	57 La 138,9 лантан х	72 Hf 178,49 гафний	73 Ta 180,9479 тантал	74 W 183,85 вольфрам	75 Re 186,207 рений	76 Os 190,2 осмий	77 Ir 192,22 иридий	78 Pt 195,09 платина
79 Au 196,9665 золото	80 Hg 200,59 ртуть	81 Tl 204,37 таллий	82 Pb 207,2 свинец	83 Bi 208,9 висмут	84 Po 209 полоний	85 At 210 астат	86 Rn 222 радон		
87 Fr 223 франций	88 Ra 226,0 радий	89 Ac 227 актиний х х	104 Rf 261 резерфордий	105 Db 262 дубний	106 Sg 266 сиборгий	107 Bh 269 борий	108 Hs 269 хассий	109 Mt 268 мейтнерий	110 Ds 271 дармштадтий

Количество сернистых соединений

0,15% от массы земной коры (по В.И.Вернадскому),

Основная часть – сульфиды Fe;

0,001% от массы земной коры – сульфиды других металлов

Другие соединения:

Селениды, теллуриды, арсениды

Особенности строения

Тип химических связей – ионный;

S, Se, Te, As легко поляризуются, образуются связи, близкие к металлическим

Следствие:

Металлический блеск, электропроводность,
слабая магнитность

Происхождение

Магматические месторождения в породах основного состава

Гидротермальные рудные месторождения и скарны

Металлы выносятся из магматических очагов в виде летучих или растворимых соединений, в приповерхностных условиях реагируют с H_2S

В осадочных породах

В результате реакций с H_2S

(H_2S возникает при разложении органических остатков)

В метаморфических породах

После преобразования осадочных пород

Классификация

- Группа галенита
Галенит PbS
Сфалерит ZnS
- Группа киновари
Киноварь HgS
- Группа пирротина
Пирротин $Fe_{1-x}S$
Пентландит $(Fe,Ni)_9S_8$
- Группа молибденита
Молибденит MoS_2
- Группа антимонита
Антимонит Sb_2S_3
- Группа аурипигмента
Аурипигмент As_2S_3
Реальгар AsS
- Группа пирита
Пирит FeS_2
Марказит FeS_2
- Группа халькопирита
Халькопирит $CuFeS_2$
- Группа арсенопирита
Арсенопирит $FeAsS$

Галенит PbS

от лат. «galena» - свинцовая руда, свинцовый блеск



Примеси: Ag, Zn, Cu, Fe

Сингония: кубическая

Структура: тип NaCl

Формы выделения: кубические кристаллы;
кубоктаэдры; зернистые агрегаты

Цвет: серый *Черта:* черно-серая

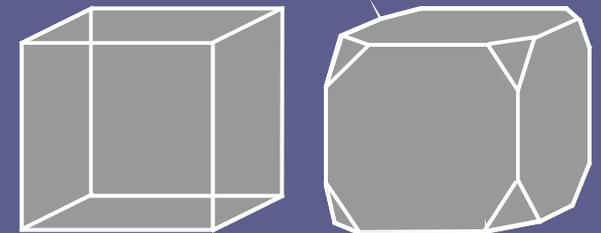
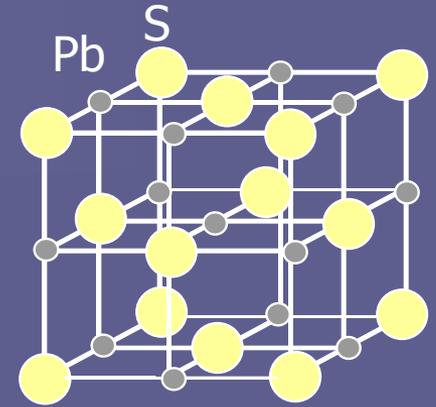
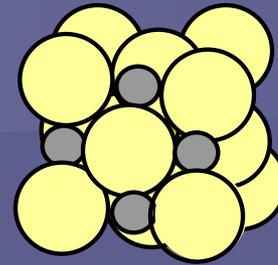
Блеск: металлический

Спайность: совершенная по кубу

Твердость: 2,5-3

Удельный вес: 7,4 – 7,6

Использование: главная руда на Pb, Ag



Галенит PbS



Ассоциации: сфалерит (ZnS), пирит, халькопирит, и др. сульфиды, кварц, кальцит, барит.

Месторождения: 1. Среднетемпературные гидротермальные месторождения (свинцово-цинковые и колчеданные); 2. Скарны

Россия: Садонское (Сев. Осетия), Нерчинские (Забайкалье), Горевский рудный район (Енисейский край), Озерное (Бурятия), Дальнегорское (Приморье)

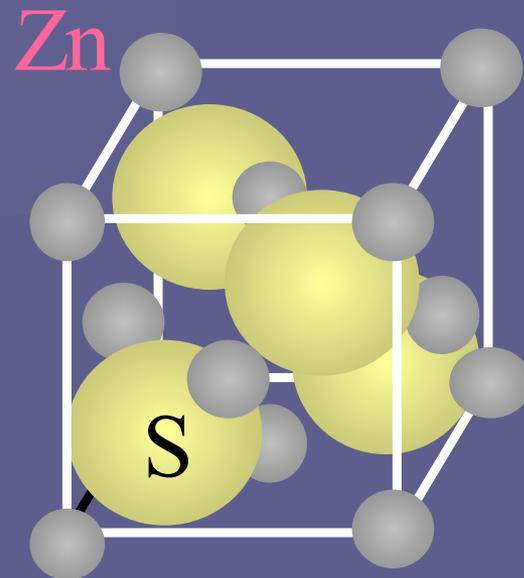
США: Свинцово-цинковые месторождения долины р. Миссисипи; Ледвилл (Свинцовый город), штат Колорадо

Сфалерит ZnS

Примеси: Fe (до 20 %); Mn, In

Сингония: кубическая

Структура: типа NaCl



Формы выделения: кристаллы
тетраэдрического облика; зернистые массы



Цвет: бурый, коричневый, бесцветный, черный, реже зеленоватый, медово-желтый, красновато-коричневый

Черта: коричневая, желтая, бурая, белая

Разновидности: **клеюфан** – бесцветный;
марматит (Fe) – черный

Блеск: алмазный

Твердость: 3,5 – 4, хрупкий

Спайность: совершенная по ромбододекаэдру

Излом: ступенчатый

Удельный вес: 3,9 – 4,2

Использование: главная руда на Zn

Сфалерит ZnS



С халькопиритом



Клейофан с кальцитом (Приморье)

Ассоциации: сфалерит, кальцит, кварц, халькопирит, пирит, марказит

Месторождения: 1. Среднетемпературные гидротермальные жилы (свинцово-цинковые и колчеданные)
2. Скарны

Россия: медноколчеданные – Урал (Башкирия, Челябинская и Оренбургская обл.), 75% выпуска; полиметаллические – в горах Южной Сибири - Горевский рудный район, Енисейский кряж; Озерное, в 250 км к с-в от Улан-Удэ (Бурятия) и Приморье (Дальнегорск).

Киноварь HgS

Примеси: Se, Te, Ga, Ge, Zn, Cu

Сингония: тригональная

Кристаллы: таблитчатые;
ромбоэдрические, столбчатые

Агрегаты:

зернистые массы; примазки

Цвет: красный, темно-красный

Черта: красная

Блеск: алмазный

Спайность: совершенная

Твердость: 2-2,5

Удельный вес: 8,1— 8,6



Ассоциации: антимонит, пирит, арсенопирит, кварц, кальцит, флюорит



Киргизия



Украина

Применение: основная руда на Hg

Месторождения: Низкотемпературные гидротермальные жилы

В России известно несколько месторождений киновари на Алтае и в Туве, которые в настоящее время не разрабатываются ???

Словения: Идрия (киноварь и самородная ртуть)

Украина: Никитовское (Донбасс)

Киргизия: Хайдаркан («Великий рудник») Ферганская долина

Испания: Альмаден,

США: Нью-Идрия и Нью-Альмаден.

Пирротин Fe_{1-x}S

Примеси: Cu, Ni, Co

Структура: гексагональная решетка

Изоморфизм: $3\text{Fe}^{2+} \leftarrow 2\text{Fe}^{3+} + \square$

Сингония: гексагональная

Кристаллы: столбчатые,
таблитчатые

Агрегаты: зернистые массы

Цвет: бронзово-желтый

Блеск: металлический

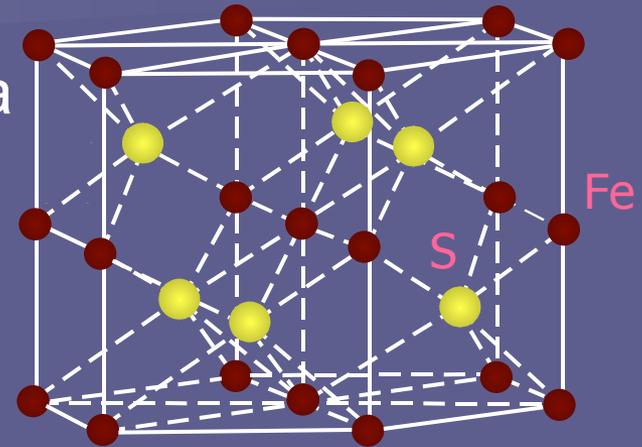
Твердость: 4

Удельный вес: 4,6 – 4,7

Черта: серовато-черная

Спайность: несовершенная

Магнитность: присутствует



Ассоциации: пирит, халькопирит, никелин и др.
сульфиды, кальцит



Пирротин, Дальнегорск

Применение: получение серной кислоты (применение ограничено)

Месторождения:

1. Магматические ликвационные месторождения
2. Скарны

Россия: Норильское, Талнахское и Октябрьское, Мончегорское (Кольский п-в),

Канада: рудный район Сёдбери и месторождение Томпсон,

Австралия: Камбалда

Пентландит $(\text{Fe},\text{Ni})_9\text{S}_8$

Примеси: Со

Структура: анионы S в плотнейшей кубической упаковке

Сингония: кубическая

Кристаллы: гексоктаэдры, крайне редки

Агрегаты: зернистые массы в пирротине

Цвет: бронзово-желтый (светлее, чем у пирротина)

Черта: зеленовато-черная

Блеск: металлический

Твердость: 3 – 4, хрупок *Спайность:* совершенная по кубу

Удельный вес: 4,5 – 5

Магнитность: отсутствует

Ассоциации: пирротин, халькопирит, минералы Pt



Пентландит, Норильск

Применение: основная руда на Ni (90%)

Месторождения: магматические месторождения в основных и ультраосновных породах

Как для пирротина:

Россия: Норильское, Талнахское и Октябрьское, Мончегорское (Кольский п-в),

Канада: рудный район Сёдбери и месторождение Томпсон,

Австралия: Камбалда

Молибденит MoS_2

От греч. «молибдос» - свинец, молибденовый блеск



Молибденит в кварце, Кольский п-ов

Молибденит MoS_2

Структура: слоистая

Сингония: гексагональная

Кристаллы: гексагональные таблички (редки)

Агрегаты: листовые, чешуйчатые, радиально-лучистые

Примеси: отсутствуют

Цвет: свинцово-серый, голубовато-серый

Черта: серая, с зеленоватым оттенком

Блеск: металлический

Твердость: 1

Спайность: весьма совершенная по пиноксиду

Удельный вес: 4,7 – 5

Магнитность: отсутствует

Молибденит MoS_2

Месторождения:

1. Гидротермальные кварцевые жилы
2. Метаморфические - порфировые и прожилковые месторождения
3. Скарны
4. Встречается в гранитах

Ассоциации: кварц, вольфрамит

Россия: Сорское (Хокассия), Жирекенское и Бугдаинское (Восточное Забайкалье), Лабаш (Карелия), Тырныауз (Кабардино-Балкария)

США: Клаймакс (Колорадо)

Китай: в 6 провинциях

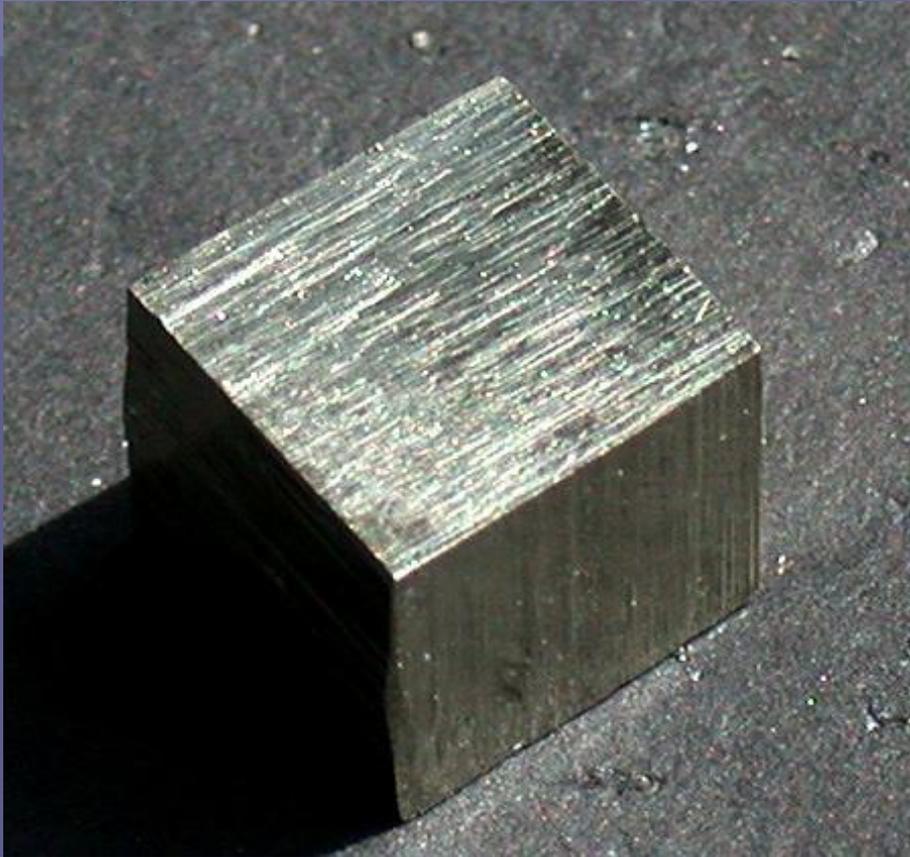
Пирит FeS_2

«пирос» - греч. огонь, серный колчедан



Характерная взаимно-перпендекулярная штриховка на гранях

Формы кристаллов: кубы; кубооктаэдры;
пентагондодекаэдры



Известны кристаллы весом до 30 кг

Минеральные агрегаты: зернистые агрегаты; конкреции



«Пиритовый доллар» в
углистом сланце, Иллинойс



Конкреция

Сингония: кубическая

Структура: тип NaCl

Примеси: Co, Ni, As, Sb, Au

Цвет: латунно-желтый, соломенно-желтый

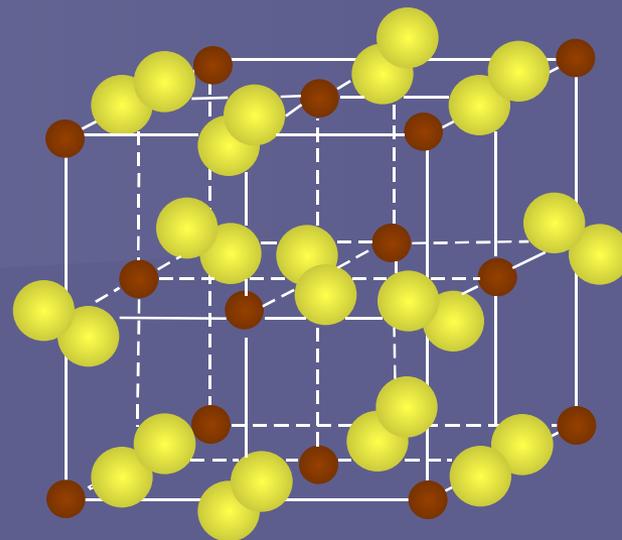
Черта: зеленовато-черная, буро-черная

Блеск: сильный металлический

Спайность: весьма несовершенная, излом неровный

Твердость: 6 - 6,5, хрупкий

Удельный вес: 4,9 – 5,2



Применение: основное сырье для получения серной
КИСЛОТЫ

Месторождения: 1. Среднетемпературные
гидротермальные месторождения
2. Магматические месторождения
3. Скарны
4. Осадочные месторождения

Россия: колчеданные гидротермальные Калатинское,
Дегтярское и др., Березовское золоторудное (Урал),

Марказит FeS_2

Сингония: ромбическая

Минеральные агрегаты: копьевидные кристаллы, конкреции

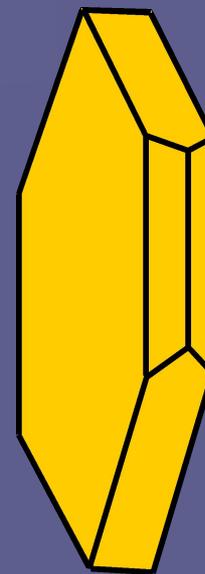
Цвет: желтый

Блеск: металлический

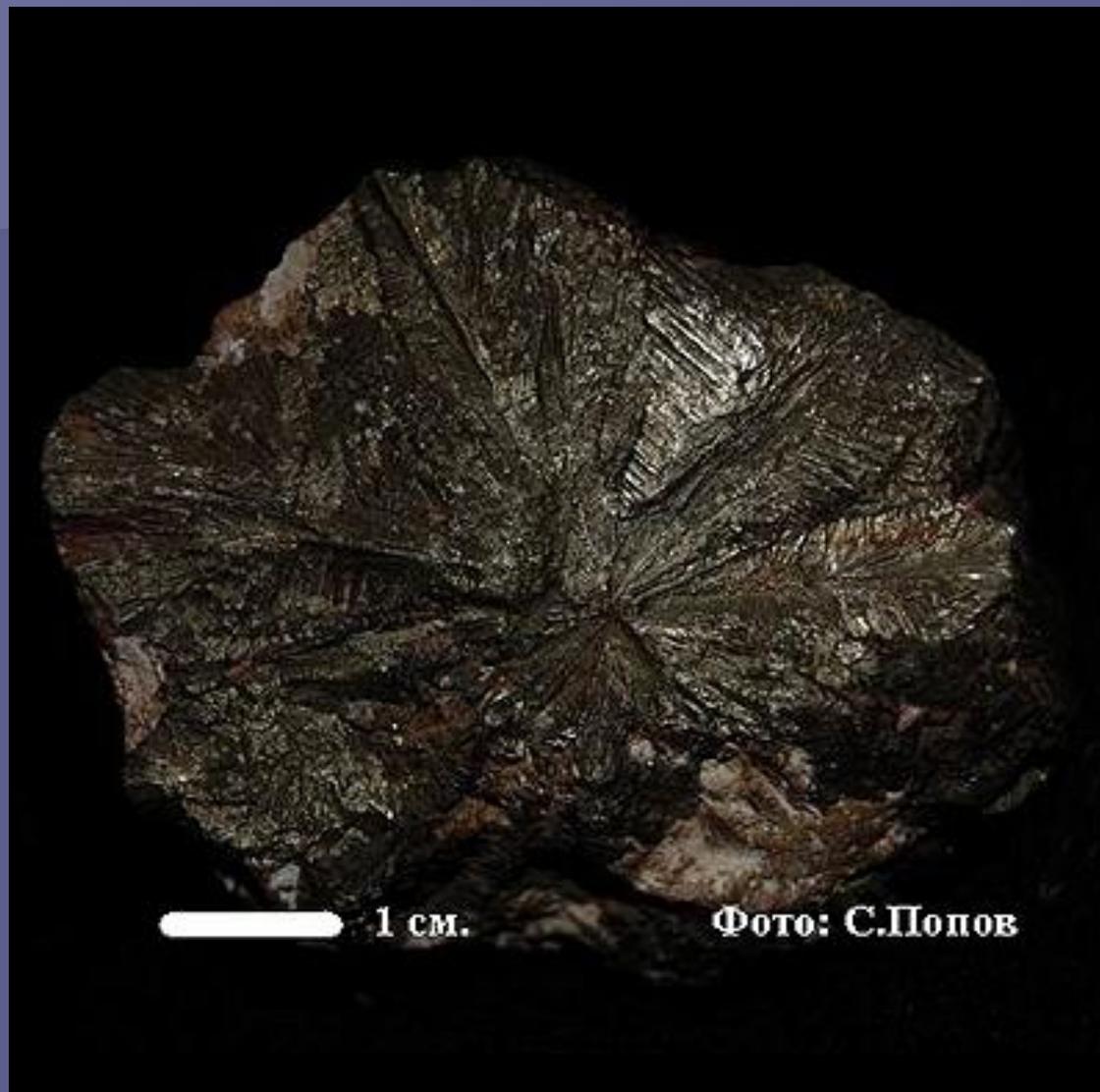
Твердость: 5-6

Черта: зеленовато-серая

Спайность: несовершенная



Месторождения: 1. Гидротермальные жилы, на поздних стадиях
2. Осадочные месторождения



Марказит, мест. Белореченское, Сев. Кавказ

Псевдоморфозы



Пирит и
марказит по
раковине
аммонита

Халькопирит CuFeS_2

Сингония: тетрагональная

Кристаллы: встречаются редко - октаэдры, тетраэдры

Минеральные агрегаты: сливные массы;
зернистые агрегаты

Примеси: Ag, Au

Цвет: латунно-желтый

Блеск: металлический, побежалость

Спайность: несовершенная

Твердость: 3-4

Магнитность: отсутствует

Применение: основная руда на Cu



Монокристалл
халькопирита



Халькопирит и сфалерит,
Дальнегорск

Месторождения:

1. Магматические месторождения в породах основного состава
2. Среднетемпературные гидротермальные месторождения
3. Скарны
4. Метаморфические месторождения (измененные осадочные породы)
5. Осадочные – медистые песчаники

Россия: Карпушинское, Левихинское, Турьинское и др. – Урал, месторождения Минусинского района (Кузнецкий Ала-Тау, Алтай)

Казахстан: Джебказганское

АНТИМОНИТ Sb_2S_3

От греч. «антимониум» - сурьма, сурьмяный блеск



Антимонит Sb_2S_3

Структура: ленточный мотив *Сингония:* ромбическая

Кристаллы: призматические, столбчатые, игольчатые

Агрегаты: радиально-лучистые, спутанно-волокнистые, реже зернистые

Примеси: Au, Ag, As

Цвет: свинцово-серый, синяя побежалость

Черта: темно-серая

Блеск: металлический *Твердость:* 2 – 2,5

Спайность: совершенная по пинокоиду

Удельный вес: 4,6 *Электропроводность:* отсутствует

Антимонит Sb_2S_3

Месторождения:

1. Гидротермальные низкотемпературные кварцевые жилы

Ассоциации: киноварь, кварц, кальцит

Россия: Раздольнинское (Красноярский край)

Китай: в провинции Юннань (главные мировые запасы)

Япония: Итшинакава (о. Шикоку)

Аурипигмент As_2S_3

От греч. «аурум» - золото, «пигментум» - краска



Якутия



Эльбрусский рудник, Сев. Кавказ

Аурипигмент As_2S_3

Структура: слоистый мотив *Сингония:* моноклинная

Кристаллы: призматические, игольчатые

Агрегаты: шестоватые, радиально-лучистые, почковидные

Примеси: практически отсутствуют

Цвет: лимонно-желтый, буро-желтый, серовато-желтый

Черта: ярко-желтая

Блеск: алмазный

Твердость: 1 – 2

Спайность: весьма совершенная по пинокоиду

Удельный вес: 3,5

Электропроводность: отсутствует

Аурипигмент As_2S_3

Месторождения:

1. Гидротермальные низкотемпературные кварцевые жилы

Ассоциации: реальгар, антимонит, пирит, кварц, кальцит

Россия: Якутия, Приэльбрусье

Македония: Альхар

США: Меркур (шт. Юта)

Применение: соединения мышьяка

Реальгар AsS



Грузия ?

Реальгар AsS

Структура: молекулярный кристалл

Сингония: моноклинная *Кристаллы:* призматические

Агрегаты: сплошные зернистые массы, иногда рыхлые

Примеси: практически отсутствуют

Цвет: оранжево-красный, темно-красный, полупрозрачный, разрушается под действием света

Черта: светло-оранжевая

Блеск: алмазный, жирный

Твердость: 1,5 – 2

Спайность: совершенная по призме

Удельный вес: 3,4 – 3,6

Реальгар AsS

Месторождения:

1. Гидротермальные низкотемпературные кварцевые жилы

Ассоциации: аурипигмент, антимонит, пирит, кварц, кальцит

Россия: Якутия, Приэльбрусье

Македония: Альхар

США: Меркур (шт. Юта)

Применение: соединения мышьяка, используется редко

Арсенопирит FeAsS

Сингония: моноклинная

Минеральные агрегаты:

призматические кристаллы с вертикальной штриховкой

Цвет: оловянно-белый

Блеск: металлический

Спайность: совершенная

Твердость: 5-5,5

Месторождения: 1. Высокотемпературные гидротермальные месторождения
2. Грейзены





Кавказ