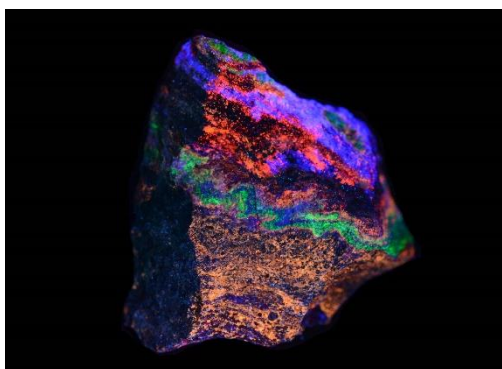


Fluorescentni minerali – kamenčki, ki svetijo.



Slika 1 kalcit (rdeč), sfalerit (oranžen), willemmit (zelen) in fluorit (moder) osvetljeni s SW in LW UV svetlobo, Langban, Švedska, zbirka Tomaž Schwarzbartl

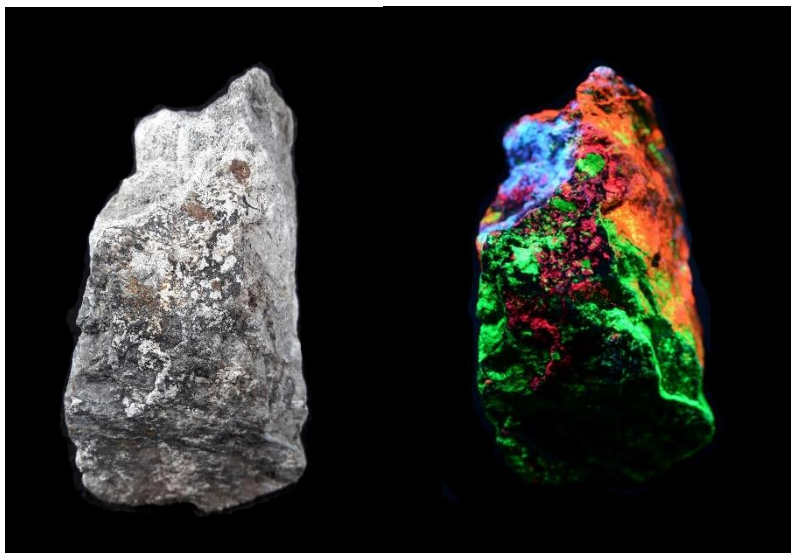
Še nedavno so se otroci lahko igrali na obali morja in iskali in nabirali školjke in barvite kamenčke. Prav lepo obarvani in pravilno oblikovani kristali so že od nekdaj privlačili človeka, ne toliko zaradi uporabne vrednosti kot zaradi lepote in redkosti. Obstajajo pa tudi posebni okusi in začimbe, na širokem področju, ki se ukvarja z minerali njihovo uporabno vrednostjo in nenazadnje z njihovim zbiranjem. Ena od takšnih posebnosti so fluorescentni minerali – oziroma kamenčki, ki svetijo.

Jack Claudius Boyle, prvi kurator Brooklyns Children's Museum, je vedel, da je fluoresciranje ena najbolj spektakularnih lastnosti mineralov. Tako je leta 1928 pomagal pripraviti prvo razstavo

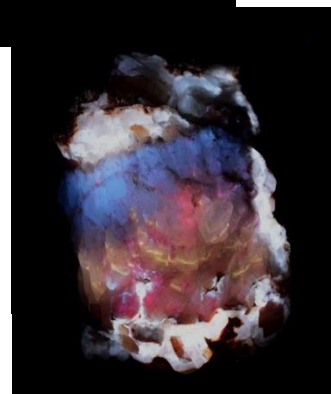
fluorescentnih mineralov v ZDA v prostorih Academy of Natural Sciences v Philadelphiji. Naslednje leto pa je s fluorescentnimi minerali začel zbudati zanimanje otrok za geologijo. Fluorescentni minerali pa niso zanimivi samo za otroke. S svojo raznolikostjo in barvitostjo navdušujejo vse generacije ljubiteljev mineralov.

Fluorescentni minerali ponujajo zelo raznolike možnosti raziskovanja na področju STEM (Znanost, tehnologija, inženirstvo in matematika) kot na primer svetloba, barve, geologija, atomske strukture, UV luči in mnogo več.

Tako kot dragulji pokažejo svojo pravo lepoto šele ko so zbrušeni do visokega sijaja, fluorescentni minerali pokažejo svojo lepoto, ko so osvetljeni z ljudem nevidno ultravijolično svetlobo (v nadaljevanju UV). Poglejmo primer kamna (slika 2), ki na prvi pogled ne izgleda prav nič posebnega. Če bi ga videli na poti, ga verjetno ne bi niti opazili, kaj šele pobrali in dali v svojo zbirko. A pod kratkovalovno (SW-short wave) UV svetlobo zažari, lahko bi rekli kar zasveti v močnih kontrastnih barvah, ki jih naše oko takoj prepozna.

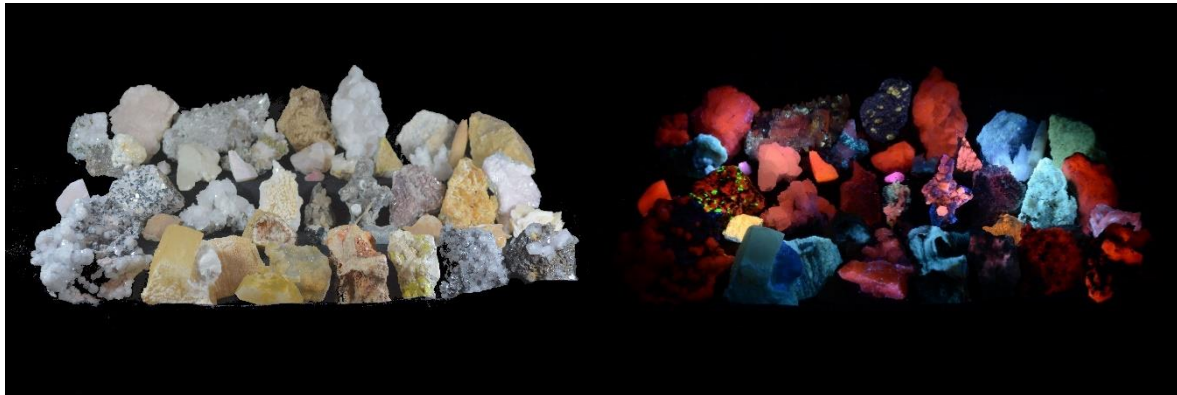


Slika 2, Smithsonit, kalcit, willemmit in hidrocinkit, Miller canyon, Arizona, pod navadno belo in KW UV svetlobo



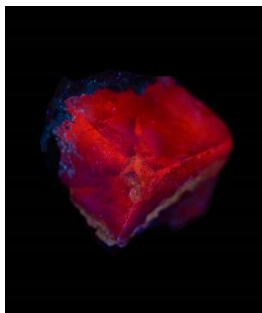
Slika 3 kalcit, kamnolom Peči pri Kranju, LW UV svetloba

Na sliki 3 pa lahko vidimo, kako so se koncentracije mineralov in elementov v raztopini staljenega kalcita razporejale in spreminjale s časom in njegovim ohlajanjem ter kristalizacijo. Primer na sliki je kalcit iz kamnoloma Peči pri Kranju osvetljen z dolgovalovno (LW) UV svetlobo. Fluoresciranje različnih kalcitov je prikazano na sliki 3.

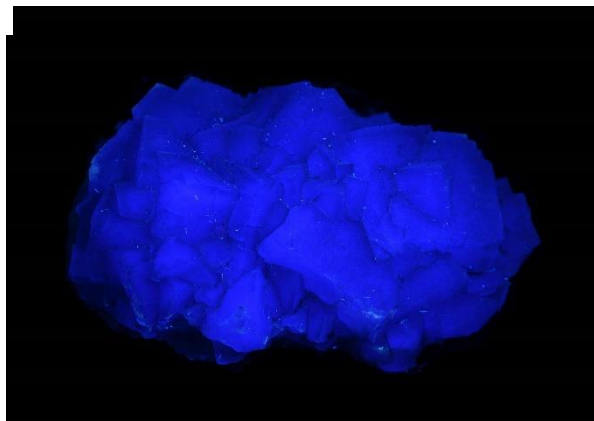


Slika 4 kalciti iz različnih lokacij pod navadno belo in UV LW svetlobo

Tudi fluoriti, ki so že tako poznani po raznolikih barvah lahko fluorescirajo zelo različno. Najbolj pogosta barva fluorescence fluoritov je modra.



Slika 6 Rdeče fluorescirajo nekateri fluoriti iz nahajališča v Durangu v Mehiki



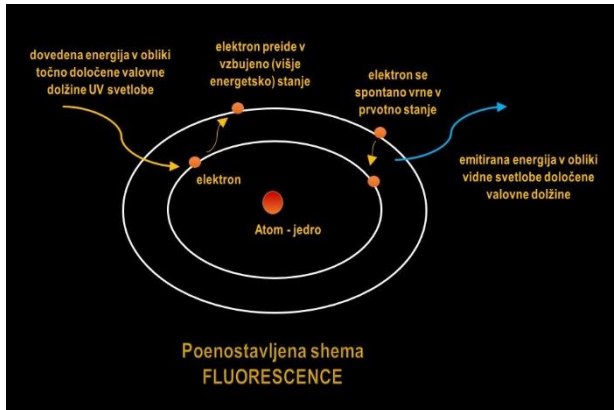
Slika 5 flurit iz Blegoša, ki modro fluorescira pod LW UV svetlobo, zbirka Gorazd Tomc

FLUORESCENCA je del širšega fizikalnega pojava imenovanega Luminiscenca. Luminiscence ločimo glede na vrsto dovedene energije, in jih je E.N. Harveyu razvrstil v 5 glavnih skupin, kot luminiscence inducirane s toploto, sevanjem, električnimi pojavi, strukturnimi prerazporeditvami v trdninah ali s kemijskimi reakcijami. Nekateri minerali luminiscirajo če so izpostavljeni ultravijoličnemu ali infrardečemu sevanju – kar imenujemo Fotoluminiscenca, ki jo razdelimo še na Fluorescenco in Fosforescenco.

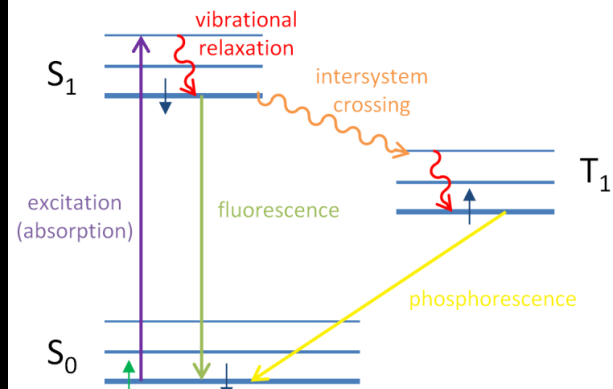
Fotoluminiscenca.

Fotoluminiscenca je posledica obsevanja snovi elektromagnetnim sevanjem kot na primer s kratkovalovno svetlobo, ultravijoličnimi (UV), rentgenskimi ali gama (γ) žarki, kjer snov zaradi obsevanja absorbira fotone, skoči v višje razpoložljivo energijsko stanje in nato odda

fotone, pri čemer se zopet vrne v osnovno energijsko stanje. To omogočajo t. i. luminiscenčni oz. optični centri (aktivatorji), ki povzročajo dodatna, izrazito ločena energijska stanja (izolacijski nivoji), ki se vzpodbudijo z absorpcijo energije in se nato z emisijo svetlobe ponovno vrnejo v osnovna energijska stanja.[2] Ti aktivatorji so lahko kemične snovi, električno polje, fotoni, točkasti defekti, dislokacije v kristalih ali mehansko obdelovanje.



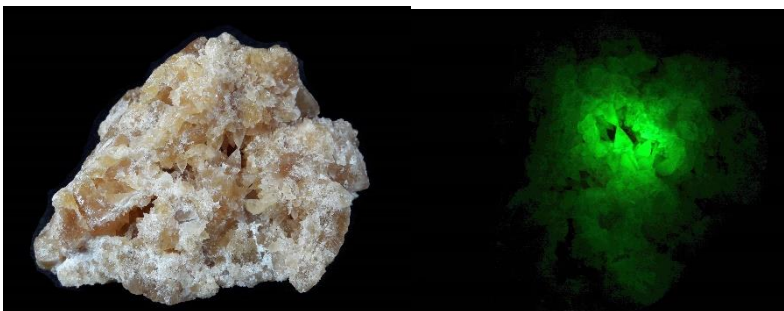
Slika 7 Poenostavljena shema fluorescence



Slika 8 Jablonski diagram shematično prikaže pojav fluorescence in fosforescence po vzbujanju elektrona iz osnovnega stanja (S₀) v vzbujeno stanje (S₁)

Fluorescena je fizikalni pojav, pri katerem snov seva fotone z daljšo valovno dolžino, kot je valovna dolžina absorbiranega vzbujevalnega sevanja oz. pri katerem je energija sevanih fotonov manjša od absorbiranih fotonov.

Fosforescena se od fluorescence razlikuje po tem, da absorbirano energije ne seva takoj. Počasnejše emitiranje fotonov je posledica zadrževanja elektronov v t. i. metastabilnih stanjih, ki pa jih vzbujeni elektroni sčasoma preskakujejo ali prebadajo, da se absorbirana energija sprosti. Samo ime pa izvira od belega fosforja, ki v temi medlo svetlika, pri obsevanju z UV žarki pa intenzivno.



Slika 9: Medeni kalcit iz Bosne – močna zelena fosforescena na delu, kjer je bil osvetljen z LW UV svetlobo, zbirka Vojko Pavčič.

Kratka zgodovina luminiscence:

Prvi zapisi o opazovanju luminiscence segajo v leta 1000 pr. n. št. na kitajskem v dinastiji Shang, kjer so opisali svetlobo kresničk in kolobarnikov – danes poimenovano kot bioluminiscenca.

Odkritje fosforescence je bilo povsem naključno. Za odkritje fosforescentnega kamna je zaslužen ljubiteljski alkimist, po poklicu čevljar, Vincenzo Cascariolo, ki je pri svojih alkimističnih poizkusih med leti 1592 in 1604 zmešal zmleti barit, ki ga je našel v vulkanskih kamninah v okolici svojega kraja in oglje, dobljena zmes pa je ohlajena oddajala modro svetlobo. To je bil slavni bolonjski kamen, kasneje prepoznan kot barijev sulfat $BaSO_4$ - prvi obstojni luminiscenčni material na svetu. Cascariolijevo odkritje je v svoji knjigi *De Phenomenis in Orbe Lunae* leta 1612 opisal Giulio Cesare la Galla. Kot zanimivost naj omenim, da je bila skrivnost Bolonjskega kamna pojasnjena šele 400 let po njenem odkritju – ko so znanstveno dokazali, da je pri kalcinaciji barita ključna prisotnost bakra kot kasnejšega aktivatorja pri fosforescenci.

V tistih časih je fosforescenca dobila tudi današnje ime. Ta izvira iz grščine, saj "phosphorus" v bistvu pomeni jutranja zvezda (Venera). Kemijski element fosfor pa je bil odkrit med leti 1669 in 1675, ko ga je iz nekaj ton urina iz hamburške vojašnice izločil hamburški trgovec Hennig Brandt.

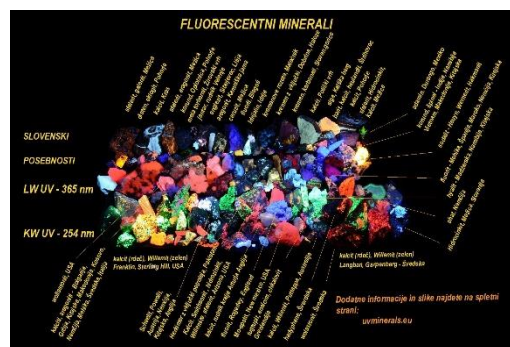


Slika 10 George Gabriel Stokes, Wikipedija

Britanski znanstvenik George Gabriel Stokes (slika) (to je tisti, ki je opisal tudi silo trenja...) je prvi opisal pojav fluorescence (pri opazovanju Fluoritov – po katerih je fluorescenca tudi dobila ime) in svoje ugotovitve strnil v t.i. Stokesov zakon, ki se glasi: »Frekvenca fluorescirane svetlobe je vedno manjša od frekvence svetlobe, ki je fluorescenco povzročila«.

Stokesov zakon z možnima izjemama je pojasnil šele Einstein leta 1905, ko mu je prisodil prvo mesto med tremi primeri uporabe fotona v teoriji kvantne mehanike. Danes poznano enostavno shematično predstavitev absorpcije in emitiranja svetlobe pa je uvedel poljak Aleksander Jabłoński s svojim diagramom leta 1933.

Fluorescentni minerali so tisti določeni minerali, ki pri obsevanju z UV svetlobo emitirajo vidno svetlobo. Če fizikalno opišemo proces fluorescence lahko rečemo, da mineral absorbira nevidno UV svetlobo jo predela in izseva kot daljše valovno sevanje v vidnem spektru človeškega očesa. Človeško oko lahko vidi svetlobo (valovanje) valovne dolžine med 400 in 700 nm. Vsa ostala valovanja so za človeško oko nevidna, lahko pa so škodljiva. Ultravijolično svetlobo poimenujemo tisto z valovno dolžino od 200 do 400 nm. Fluorescentni minerali različno fluorescirajo če so obsevani z različno valovno dolžino UV svetlobe.

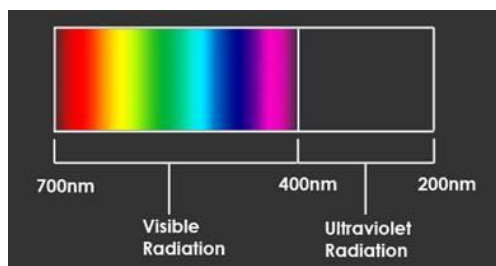


Slika 11 Predstavitev razstavne vitrine s fluorescentnimi minerali

Najbolj običajni in poznani Fluorescentni minerali so kalciti in aragoniti, še posebej manganokalciti, fluoriti, sodaliti, korundi, apatiti, willemit, wollastenit, sfalerit, ceruzit, skapoliti, selenit, scheelit, barit, Tugtupit, če naštejemo le nekatere.

Aktivatorji: Večina fluorescentnih mineralov potrebuje aktivatorje, ki sprožijo fluorescenco. Aktivator je neke vrste nečistoča v strukturi minerala. Eden najpogostejših aktivatorjev je mangan (Mn^{2+}) – drugi poznani aktivatorji so še Europeum, Uran, Krom, Molibden... Aktivatorji določajo vrsto fluorescence. Posamezen mineral lahko fluorescira čisto drugače (barva svetlobe, jakost) ob prisotnosti različnih aktivatorjev.

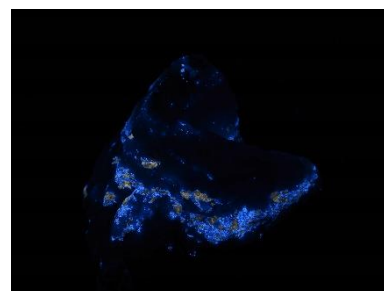
Poleg aktivatorjev poznamo tudi zaviralce fluorescence, to so tiste nečistoče v kristalni strukturi, ki fluorescenco zavirajo oz. onemogočajo. Primer zaviralcev sta železo in baker. Jakost fluorescence je lahko zmanjšana s preveliko koncentracijo aktivatorjev v mineralu. Ravno različne kombinacije aktivatorjev in zaviralcev ter njihove koncentracije pa omogočajo neverjetno paleto barv fluorescence.



Slika 12 vidna in ultravijolična svetloba

Fluorescentni minerali se različno odzivajo na ultravijolično svetlobo. Pomembno je s kakšno valovno dolžino svetlobe jih obsevamo. V ta namen poznamo svetila in filtre za kratko valovno (254 nm – SW – short wave), srednje in dolgovalovno (365 nm LW – long wave) UV svetlobo.

Lastnost fluoresciranja lahko v geologiji včasih tudi koristno uporabimo, kot npr. pri iskanju fluorescentne rude z vsebnostjo Šeelita (Šeelit – volframov mineral $CaWO_4$, ki močno belo modro fluorescira pod SW UV svetlobo), ali ugotavljanju prisotnosti naftnih derivatov pri vrtnanju in iskanju nafte. Uporablja se tudi kot dodatna specifična lastnost nekaterih rubinov, diamantov, kunzitiv, opalov, špinelov pri določanju njihove izvorne lokacije.



Slika 13 Šeelit s Powellitom, Mittersill, Avstrija, zbirka Tomaž Schwarzbartl

POMEMBNO! Varnost pri uporabi UV svetil.

UV SVETLOBA (PREDVSEM KRATKOVALOVNA) JE OČEM NEVARNA IN LAHKO POŠKODUJE TUDI KOŽO. IZOGIBAJTE SE NEPOSREDNEMU POGLEDU NA IZVOR UV SVETLOBE (ali odboju od gladkih površin). Priporočljiva je uporaba UV zaščitnih očal. Svetloba fluorescentnih mineralov očem ni škodljiva (to je spekter vidne svetlobe, ki jo človeško oko prepozna – običajna svetloba).

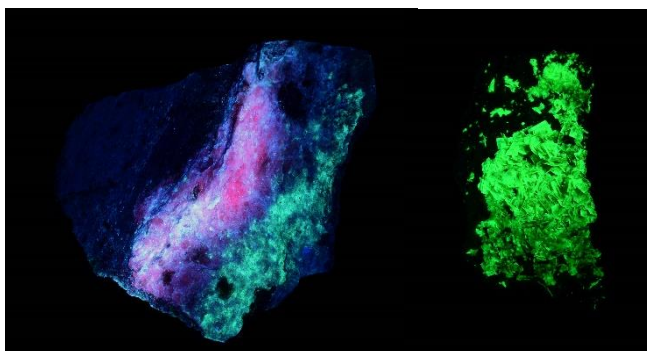
Fluorescentne minerale lahko najdemo po celem svetu, in skoraj vsaka dežele ima kakšno posebnost, po kateri je še posebej prepoznavna. Najbolj poznana in bogata nahajališča so Franklin in Sterling Hill v ZDA, kjer je najdeno in opisano več kot 90 različnih fluorescentnih mineralov, podobna mineralizacija je v Langbanu na Švedskem, Agrigento na Sardiniji je znan po svojih aragonitih in kalcitih, pa Peru, Erongo v Namibiji, Durango v Mehiki in še na stotine drugih. Trenutno so zelo modni prodniki iz Michigana poimenovani Yooperlites, ki jih navdušenci iščejo in nabirajo ob jezeru Superior. V osnovi so to sienitni prodniki z vključki fluorescentnih sodalitov (slika 14).

Slika 14 Yooperliti, Michigan, Upp
Peninsula, Lake Superior, zbirka T
Schwarzbartl



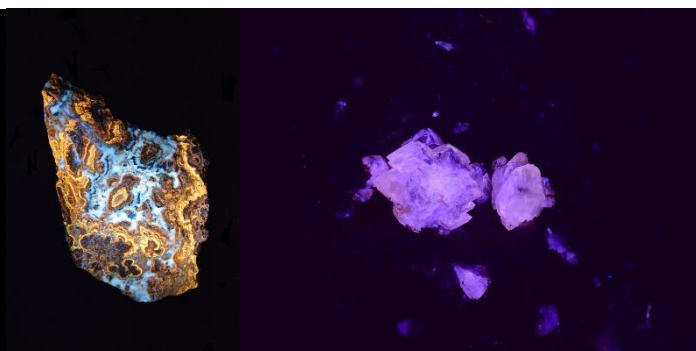
V Sloveniji lahko največ različnih

fluorescentnih mineralov najdemo na področjih, ki so geološko najbolj razgibana, to je npr. od Črne na koroškem do Dravograda in na obsežnem območju Pohorja. Seveda je zanimivih lokacij še veliko, nikakor pa ne gre izpustiti okolice Blegoša in njegovih fluoritov in Žirovskega vrha s svojimi radioaktivnimi fluorescentnimi mineali. Posebnost so kremenovi kristali z



Slika 15 Disten, Pohorje, zbirka
FGG, ,

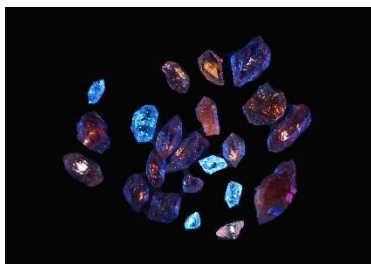
Slika 16 Autunit, Žirovski
vrh, zbirka Jože Rihtar,
Muzej Velenje



Slika 17 Sferalit in
aragonit, Mežica, zbirka
Tomaž Schwarzbartl

Slika 18 Anglezit, (PbSO₄),
Mežica, Zbirka Vojko Pavčič,

vključki organskega izvora, ki v kremenu (kremen ne fluorescira) lepo fluorescirajo in jih lahko najdemo na različnih lokacijah po Sloveniji.



Slika 19 Kremenovi kristali z vključki – Bezuvljak, najdba Franc Stare

Dokaj obsežen popis fluorescentnih mineralov v Sloveniji lahko najdete na spletni strani: <http://www.uvminerals.eu/>.

Fluorescentne minerale si ogledujemo in iščemo v temi, za kar potrebujemo kvalitetno UV svetilko. V Sloveniji zadošča dolgovalovna UV (long wave – LW) ročna svetilka valovne dolžine 365 nm, ker je večina fluorescentnih mineralov, ki jih lahko najdemo v naši deželi LW fluorescentnih. Te UV svetilke so postale cenovno dostopne z industrijsko proizvodnjo UV ledic. Žal ni vsaka UV led svetilka uporabna za opazovanje UV fluorescence. Med cenovno ugodnimi imajo še vedno prvo mesto ledice proizvajalca Nichia, ki svetijo z zelo čisto UV svetlobo zelene valovne dolžine, ki jo običajno še dodatno filtriramo z UV filtrom za manj svetlobnega onesnaženja. Zbiranje mineralov in fosilov je zelo enostavno opravilo. Priskrbiš si geološko kladivo, poiščeš zanimivo kamnino in že zbiraš minerale. Če dodaš še UV svetilko pa lahko zbiraš in občuduješ tudi neverjetne barve fluorescentnih mineralov.

Viri:

<https://artsandculture.google.com/exhibit/fluorescent-minerals-spices-of-the-mineral-world>

<https://www.uvminerals.org/minerals/common-fluorescent-minerals/>
<https://www.naturesrainbows.com/uv-topics>

<http://fluomin.org/uk/accueil.php>

<http://www.uvminerals.eu/index.htm>

Collecting Fluorescent Minerals, Stuart Schneider, Schiffer Publishing, 2004

Mineralna bogastva Slovenije: Scopolia supplement 3/2006

Svetloba, ujeta v kamen, Maja Berden Zrimec, 2015

Valeur, Bernard & Berberan Santos, Mario N. (2011). A Brief History of Fluorescence and Phosphorescence before the Emergence of Quantum Theory. Journal of Chemical Education - J CHEM EDUC. 88. 10.1021/ed100182h.

Eck, Michael. (2014). Performance enhancement of hybrid nanocrystal-polymer bulk heterojunction solar cells : aspects of device efficiency, reproducibility, and stability.

Uvod in naslovna slika:

Fluorescenca je bila ustrezno razložena šele z uvedbo kvantne fizike, sam pojav pa je buril človeško domišljijo že mnogo prej. Ker pri floescenci pride do sevanja mineralov je pravilna ugotovitev, da ti minerali svetijo. Od tod tudi poimenovanje – svetleči kamenčki.

Link:



naslovna slika: kremenovi kristali z vključki petroleja, kalcit (rdeče) in karbonati (rumeno in oranžno) fluorescirajo pod LW UV valovno svetlobo, Slovenske gorice, najdba Vili Podgoršek, Pangea



Vse fotografije mineralov Tomaž Schwarzbartl