

เอกสารอ้างอิง

- [1] “การบำบัดน้ำเสีย.” [ระบบออนไลน์].
<http://www.panyathai.or.th/wiki/index.php> (วันที่ 4 กรกฎาคม 2554).
- [2] “Metal Oxide Photocatalysis.” [ระบบออนไลน์].
<http://photochemistryportal.net/home/index.php/2009/09/30/metal-oxide-photocatalysis>. (วันที่ 19 กรกฎาคม 2554).
- [3] สุคนธ์ พานิชพันธ์. การสังเคราะห์วัสดุขนาดต่ำกว่าไมครอนและวัสดุนาโนด้วยกระบวนการทางเคมี. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549.
- [4] U.J. Agnieszka, D. Andrzejewski, K. Maruszewski, H. Podbielska and W. Strek,
Advantages of sol-gel technologies for biomedical applications, *Proc. Spie. Int. Soc. Opt. Eng.*, **50**, 1999, 3567.
- [5] สมเดช กนกเมธากุล. สเปกโตรสโกปีในการพิสูจน์โครงสร้างของสารอินทรีย์. พิมพ์ครั้งที่ 1. ขอนแก่นการพิมพ์ : ขอนแก่น, 2547
- [6] “การทำความสะอาดโดยตัวเร่งปฏิกิริยาทางแสงด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์.” [ระบบออนไลน์].
<http://vlib.stkc.go.th> (วันที่ 8 กรกฎาคม 2554)
- [7] จตุพร วิทยาคุณ และอนุรักษ์ กฤษดานุรักษ์, “การเร่งปฏิกิริยาพื้นฐานและการประยุกต์, พิมพ์ครั้งที่ 1, โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ : กรุงเทพฯ, 2547.
- [8] “พลังงานของการเกิดออกซิเดชันของสารอินทรีย์.” [ระบบออนไลน์].
<http://www.chem.tamu.edu/class/majors/tutorialnotefiles/factors.htm>
(วันที่ 17 กรกฎาคม 2554)
- [9] ตะวัน สุขน้อย, “การสังเคราะห์และการศึกษาความสามารถในการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของซีโอไลต์ที่มีไทเทเนียมเป็นองค์ประกอบ”, รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ, 2543.
- [10] “คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic wave)”, [ระบบออนไลน์].
<http://www.neutron.rmutphysics.com/teaching-glossary>
(วันที่ 20 มกราคม 2554)
- [11] “กระบวนการ Photocatalytic”, [ระบบออนไลน์].
<http://sichon.wu.ac.th/file/envi-shh-20090110-112240-pwrqR.pdf>
(วันที่ 25 มกราคม 2555)

- [12] “Titanium Dioxide”, [ระบบออนไลน์].
http://en.wikipedia.org/wiki/Titanium_dioxide
 (วันที่ 27 มกราคม 2555)
- [13] “Titanium Dioxide – Titania (TiO₂)”, [ระบบออนไลน์].
<http://www.azom.com/details.asp?ArticleID=1179>
 (วันที่ 27 มกราคม 2555)
- [14] S. S. Watson, D. Beydoun, J. A. Scott and R. Amal, “The effect of preparation method on the photoactivity of crystalline titanium dioxide particles”, *J. Chem. Eng.*, **95**, 2003, 213–220.
- [15] Y. M. Chiang, D. P. Birnie and W. D. Kingery, *Physical ceramics*, New York, 1997.
- [16] “เรื่องทั่วไปเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้งานไทเทเนียม.” [ระบบออนไลน์].
www.vcharkarn.com (วันที่ 5 กรกฎาคม 2554).
- [17] Y. Ohama and D. V. Gemert, “Application of titanium dioxide photocatalysis to construction material. RILEM State-of-the-Art Reports volume 5, springer, New York : 2011.
- [18] P. K. Dutta, et al, Photocatalytic oxidation of arsenic (III): evidence of hydroxyl radicals, *Environ. Sci. Technol.*, **39**, 2005, 1827–1834.
- [19] X. Yang, C. Cao, L. Erickson, K. Hohn, R. Maghirang and K. Klabunde, Photo-catalytic degradation of Rhodamine B on C-, S-, N-, and Fe-doped TiO₂ under visible-light irradiation, *Appl. Catal. B: Environ.*, **91**, 2009, 657–662.
- [20] สุพล อนันดา, “กระบวนการประดิษฐ์สำหรับเซรามิกขั้นสูง (Fabrication Processes For Advanced Ceramics)”, ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2544.
- [21] ละอองนวล ศรีสมบัติ, “การสังเคราะห์และการหาลักษณะเฉพาะของผงแมกนีเซียมไนโอเบตที่เตรียมโดยวิธีออกซาลेट”, วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2544.
- [22] จินดา ศิริตา, “การสังเคราะห์และการหาลักษณะเฉพาะของอนุภาคนาโนสังกะสีออกไซด์”, วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2548.
- [23] B. D. Cullity, *Elements of X-ray diffraction*, Addison-Wesley Publishing Company, INC., Reading, MA., 1978, 81–88.

- [24] “Bragg’s low.” [ระบบออนไลน์].
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/quantum/bragg.html>
 (วันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2555)
- [25] “Scanning Electron Microscopy (SEM).” [ระบบออนไลน์].
http://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/SEM.html
 (วันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2555)
- [26] “Geochemical Instrumentation and Analysis.” [ระบบออนไลน์].
http://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/electroninteractions.html
 (วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2555)
- [27] “Detection of signals.” [ระบบออนไลน์].
<http://www4.nau.edu/microanalysis/Microprobe-SEM/Signals.html>
 (วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2555)
- [28] วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา, “เครื่องมือวิจัยทางวัสดุศาสตร์: ทฤษฎีและหลักการงานเบื้องต้น”, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2543.
- [29] “Transmission electron microscopy.” [ระบบออนไลน์].
http://www.mauricewilkinscentre.org/bioviz/index.php?page_id=118
 (วันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2555)
- [30] แม้น อมรสิทธิ์ และอมร เพชรสม, “หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ”, ชวนพิมพ์, กรุงเทพมหานคร, 2539.
- [31] วิจิตร รัตนพานิช, สเปคโตรสโกปีทางเคมีอินทรีย์”, พิมพ์ครั้งที่ 1, ภาควิชาเคมี, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2542
- [32] M. Zhou, J. Yu, B. Chenga and H. Yu, Preparation and photocatalytic activity of Fe-doped mesoporous titanium dioxide nanocrystalline photocatalysts, *Mater. Chem. Phys.*, **93**, 2005, 159–163.
- [33] M.S. Lee, S.S. Hong, and M. Mohseni, Synthesis of photocatalytic nanosized TiO₂-Ag particles with sol–gel method using reduction agent, *J. Mol. Catal. A:Chem.*, **242**, 2005, 135–140.
- [34] C.H. Chiou and R.S. Juang, Photocatalytic degradation of phenol in aqueous solutions by Pr-doped TiO₂ nanoparticles, *Appl. Catal. B:Environ.*, **67**, 2006, 41–51.

- [35] E. Arpaç, F. Sayılkan, M. Asiltürk, P. Tatar, N. Kiraz and H. Sayılkan, Photocatalytic performance of Sn-doped and undoped TiO₂ nanostructured thin films under UV and vis-lights, *J. Mol. Catal. A:Chem.*, **258**, 2006, 124–132.
- [36] X. Fan, X. Chen, S. Zhu, Z. Li, T. Yu, J. Ye and Z. Zou, The structural, physical and photocatalytic properties of the mesoporous Cr-doped TiO₂, *J. Hazard. Mater.*, **149**, 2007, 1–7.
- [37] H. Xia, H. Zhuang, D. Xiao and T. Zhang, Photocatalytic activity of La³⁺/S/TiO₂ photocatalyst under visible light, *J. Hazard. Mater.*, **140**, 2007, 69–74.
- [38] H. Jiang, H. Song, Z. Zhou, X. Liu and G. Meng, Characterization of LiF-doped TiO₂ and its photocatalytic activity for decomposition of trichloromethane, *J. Mol. Catal. A:Chem.*, **284**, 2008, 155–160.
- [39] X.H. Xia, Y. Gao, Z. Wang and Z.J. Jia, Structure and photocatalytic properties of copper-doped rutile TiO₂ prepared by a low-temperature process, *J. Phys. Chem. Solids*, **69**, 2008, 2888–2893.
- [40] L.S. Yoong, F.K. Chong, and B.K. Dutta, Development of copper-doped TiO₂ photocatalyst for hydrogen production under visible light, *J. Alloy. Compd.*, **465**, 2008, 328–332.
- [41] R.A. Doong, P.Y. Chang and C.H. Huang, Microstructural and photocatalytic properties of sol–gel-derived vanadium-doped mesoporous titanium dioxide nanoparticles, *Mater. Res. Bull.*, **43**, 2008, 3037–3046.
- [42] M. Asiltürk, F. Sayılkan and E. Arpaç, Effect of Fe³⁺ ion doping to TiO₂ on the photocatalytic degradation of Malachite Green dye under UV and vis-irradiation, *J. Photoch. Photobio. A*, **203**, 2009, 64–71.
- [43] D. Wang, L. Xiao, Q. Luo, X. Li, J. An and Y. Duan, Highly efficient visible light TiO₂ photocatalyst prepared by sol–gel method at temperatures lower than 300°C, *J. Hazard. Mater.*, **192**, 2011, 150–159.
- [44] N. Quici, M. E. Morgada, G. Piperata, P. Babay, R. T. Gettar and M. I. Litter, Oxalic acid destruction at high concentrations by combined heterogeneous photocatalysis and photo-fenton processes, *Catal. Today*, **101**, 2005, 253–260.

- [45] R. Andreozzi, V. Caprio, A. Insola and R. Marotta, Advanced oxidation processes (AOP) for water purification and recovery, *Catal. Today*, **53**, 1999, 111 – 120.

ภาคผนวก

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Rietveld Refinement

Bare TiO₂

This is the simple example template containing only headers for each report item and the bookmarks. The invisible bookmarks are indicated by text between brackets.
Modify it according to your own needs and standards.

Structures Report:

Global Parameters

Number of used phases	2
Number of variables	14
Number of constraints	2
Zero shift/ 2θ	0.02(1)
Specimen displacement/ mm	0.000000
Profile function	Pseudo Voigt
Background	Polynomial
R (expected)/ %	11.93666
R (profile)/ %	23.86902
R (weighted profile)/ %	28.45351
GOF	5.68206
d-statistic	0.22093

Relevant parameters of 82082-ICSD

Structure and profile data	
Formula sum	Ti _{3.14} O _{8.00}
Formula mass/ g/mol	278.2096
Density (calculated)/ g/cm ³	3.3898
F(000)	132.9920
Weight fraction/ %	33.4(7)
Space group (No.)	I 41/a m d (141)
Lattice parameters	
a/ Å	3.778(2)
b/ Å	3.778(2)
c/ Å	9.548(9)
alpha/ °	90
beta/ °	90
gamma/ °	90
V/ 10 ⁶ pm ³	136.26530
Overall displacement parameter	0.0(4)
Extinction	0.000000
Flat Plate Absorption Correction	0.000000
Porosity	0.000000
Roughness	0.000000
Fitting mode	Structure Fit
U	0.000000
V	0.000000
W	0.67(6)
Pref. orientation direction/ hkl	0.00 0.00 1.00
Pref. orientation parameter	1.000000
Asymmetry parameter 1	0.000000
Asymmetry parameter 2	0.000000

Peak shape	
parameter 1	0.600000
parameter 2	0.000000
parameter 3	0.000000
R (Bragg)/ %	15.67449

Occupancy, atomic fract. coordinates and Biso for 82082-ICSD

Atom	Wyck.	s.o.f.	x	y	z	Biso/ 10 ⁴ pm ²
Ti1	4a	0.784000	0.000000	0.750000	0.125000	0.500000
O1	8e	1.000000	0.000000	0.250000	0.078200	0.500000

Relevant parameters of 62678-ICSD

Structure and profile data	
Formula sum	Ti _{2.00} O _{4.00}
Formula mass/ g/mol	159.7976
Density (calculated)/ g/cm ³	4.2517
F(000)	76.0000
Weight fraction/ %	66.6(9)
Space group (No.)	P 4 ₂ /m n m (136)
Lattice parameters	
a/ Å	4.594(1)
b/ Å	4.594(1)
c/ Å	2.9565(9)
alpha/ °	90
beta/ °	90
gamma/ °	90
V/ 10 ⁶ pm ³	62.40119
Overall displacement parameter	0.0(2)
Extinction	0.000000
Flat Plate Absorption Correction	0.000000
Porosity	0.000000
Roughness	0.000000
Fitting mode	Structure Fit
U	0.000000
V	0.000000
W	0.179(8)
Pref. orientation direction/ hkl	0.00 0.00 1.00
Pref. orientation parameter	1.000000
Asymmetry parameter 1	0.000000
Asymmetry parameter 2	0.000000
Peak shape	
parameter 1	0.600000
parameter 2	0.000000
parameter 3	0.000000
R (Bragg)/ %	22.69627

Occupancy, atomic fract. coordinates and Biso for 62678-ICSD

Atom	Wyck.	s.o.f.	x	y	z	Biso/ 10 ⁴ pm ²
Ti1	2a	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000
O1	4f	1.000000	0.304930	0.304930	0.000000	0.500000

0.5 at% Fe-doped TiO₂

This is the simple example template containing only headers for each report item and the bookmarks. The invisible bookmarks are indicated by text between brackets. Modify it according to your own needs and standards.

Structures Report:**Global Parameters**

Number of used phases	2
Number of variables	14
Number of constraints	2
Zero shift/ 2θ	0.01(1)
Specimen displacement/ mm	0.000000
Profile function	Pseudo Voigt
Background	Polynomial
R (expected)/ %	11.90644
R (profile)/ %	21.56122
R (weighted profile)/ %	25.90812
GOF	4.73487
d-statistic	0.28102

Relevant parameters of 82082-ICSD

Structure and profile data

Formula sum	Ti _{3.14} O _{8.00}
Formula mass/ g/mol	278.2096
Density (calculated)/ g/cm ³	3.3882
F(000)	132.9920
Weight fraction/ %	75.2(7)
Space group (No.)	I 41/a m d (141)
Lattice parameters	
a/ Å	3.783(2)
b/ Å	3.783(2)
c/ Å	9.527(5)
alpha/ °	90
beta/ °	90
gamma/ °	90
V/ 10 ⁶ pm ³	136.32820
Overall displacement parameter	0.0(2)
Extinction	0.000000
Flat Plate Absorption Correction	0.000000
Porosity	0.000000
Roughness	0.000000
Fitting mode	Structure Fit
U	0.000000
V	0.000000
W	0.98(4)
Pref. orientation direction/ hkl	0.00 0.00 1.00
Pref. orientation parameter	1.000000
Asymmetry parameter 1	0.000000
Asymmetry parameter 2	0.000000

Peak shape	
parameter 1	0.600000
parameter 2	0.000000
parameter 3	0.000000
R (Bragg)/ %	10.10376

Occupancy, atomic fract. coordinates and Biso for 82082-ICSD

Atom	Wyck.	s.o.f.	x	y	z	Biso/ 10 ⁴ pm ²
Ti1	4a	0.784000	0.000000	0.750000	0.125000	0.500000
O1	8e	1.000000	0.000000	0.250000	0.078200	0.500000

Relevant parameters of 62678-ICSD

Structure and profile data	
Formula sum	Ti _{2.00} O _{4.00}
Formula mass/ g/mol	159.7976
Density (calculated)/ g/cm ³	4.2482
F(000)	76.0000
Weight fraction/ %	24.8(3)
Space group (No.)	P 42/m n m (136)
Lattice parameters	
a/ Å	4.595(2)
b/ Å	4.595(2)
c/ Å	2.957(2)
alpha/ °	90
beta/ °	90
gamma/ °	90
V/ 10 ⁶ pm ³	62.45228
Overall displacement parameter	0.0(4)
Extinction	0.000000
Flat Plate Absorption Correction	0.000000
Porosity	0.000000
Roughness	0.000000
Fitting mode	Structure Fit
U	0.000000
V	0.000000
W	0.21(2)
Pref. orientation direction/ hkl	0.00 0.00 1.00
Pref. orientation parameter	1.000000
Asymmetry parameter 1	0.000000
Asymmetry parameter 2	0.000000
Peak shape	
parameter 1	0.600000
parameter 2	0.000000
parameter 3	0.000000
R (Bragg)/ %	20.37874

Occupancy, atomic fract. coordinates and Biso for 62678-ICSD

Atom	Wyck.	s.o.f.	x	y	z	Biso/ 10 ⁴ pm ²
Ti1	2a	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000
O1	4f	1.000000	0.304930	0.304930	0.000000	0.500000

1.0 at% Fe-doped TiO₂

This is the simple example template containing only headers for each report item and the bookmarks. The invisible bookmarks are indicated by text between brackets. Modify it according to your own needs and standards.

Structures Report:

Global Parameters

Number of used phases	2
Number of variables	14
Number of constraints	2
Zero shift/ 2θ	0.04(2)
Specimen displacement/ mm	0.000000
Profile function	Pseudo Voigt
Background	Polynomial
R (expected)/ %	10.92360
R (profile)/ %	19.39523
R (weighted profile)/ %	23.33071
GOF	4.56168
d-statistic	0.31008

Relevant parameters of 82082-ICSD

Structure and profile data	
Formula sum	Ti _{3.14} O _{8.00}
Formula mass/ g/mol	278.2096
Density (calculated)/ g/cm ³	3.3835
F(000)	132.9920
Weight fraction/ %	81.45(1)
Space group (No.)	I 41/a m d (141)
Lattice parameters	
a/ Å	3.785(2)
b/ Å	3.785(2)
c/ Å	9.532(6)
alpha/ °	90
beta/ °	90
gamma/ °	90
V/ 10 ⁶ pm ³	136.52060
Overall displacement parameter	0.0(2)
Extinction	0.000000
Flat Plate Absorption Correction	0.000000
Porosity	0.000000
Roughness	0.000000
Fitting mode	Structure Fit
U	0.000000
V	0.000000
W	1.02(5)
Pref. orientation direction/ hkl	0.00 0.00 1.00
Pref. orientation parameter	1.000000
Asymmetry parameter 1	0.000000
Asymmetry parameter 2	0.000000

Peak shape	
parameter 1	0.600000
parameter 2	0.000000
parameter 3	0.000000
R (Bragg)/ %	10.66538

Occupancy, atomic fract. coordinates and Biso for 82082-ICSD

Atom	Wyck.	s.o.f.	x	y	z	Biso/ 10 ⁴ pm ²
Ti1	4a	0.784000	0.000000	0.750000	0.125000	0.500000
O1	8e	1.000000	0.000000	0.250000	0.078200	0.500000

Relevant parameters of 62678-ICSD

Structure and profile data	
Formula sum	Ti _{2.00} O _{4.00}
Formula mass/ g/mol	159.7976
Density (calculated)/ g/cm ³	4.2393
F(000)	76.0000
Weight fraction/ %	18.45(4)
Space group (No.)	P 42/m n m (136)
Lattice parameters	
a/ Å	4.599(3)
b/ Å	4.599(3)
c/ Å	2.959(3)
alpha/ °	90
beta/ °	90
gamma/ °	90
V/ 10 ⁶ pm ³	62.58389
Overall displacement parameter	0.0(7)
Extinction	0.000000
Flat Plate Absorption Correction	0.000000
Porosity	0.000000
Roughness	0.000000
Fitting mode	Structure Fit
U	0.000000
V	0.000000
W	0.26(3)
Pref. orientation direction/ hkl	0.00 0.00 1.00
Pref. orientation parameter	1.000000
Asymmetry parameter 1	0.000000
Asymmetry parameter 2	0.000000
Peak shape	
parameter 1	0.600000
parameter 2	0.000000
parameter 3	0.000000
R (Bragg)/ %	21.88960

Occupancy, atomic fract. coordinates and Biso for 62678-ICSD

Atom	Wyck.	s.o.f.	x	y	z	Biso/ 10 ⁴ pm ²
Ti1	2a	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000
O1	4f	1.000000	0.304930	0.304930	0.000000	0.500000

2.0 at% Fe-doped TiO₂

This is the simple example template containing only headers for each report item and the bookmarks. The invisible bookmarks are indicated by text between brackets.
Modify it according to your own needs and standards.

Structures Report:

Global Parameters

Number of used phases	2
Number of variables	14
Number of constraints	2
Zero shift/ 2θ	0.18(2)
Specimen displacement/ mm	0.000000
Profile function	Pseudo Voigt
Background	Polynomial
R (expected)/ %	10.48318
R (profile)/ %	8.72467
R (weighted profile)/ %	10.97381
GOF	1.09579
d-statistic	1.77158

Relevant parameters of 82082-ICSD

Structure and profile data	
Formula sum	Ti _{3.14} O _{8.00}
Formula mass/ g/mol	278.2096
Density (calculated)/ g/cm ³	3.3785
F(000)	132.9920
Weight fraction/ %	86.3(3)
Space group (No.)	I 41/a m d (141)
Lattice parameters	
a/ Å	3.795(2)
b/ Å	3.795(2)
c/ Å	9.491(5)
alpha/ °	90
beta/ °	90
gamma/ °	90
V/ 10 ⁶ pm ³	136.72190
Overall displacement parameter	0.0(1)
Extinction	0.000000
Flat Plate Absorption Correction	0.000000
Porosity	0.000000
Roughness	0.000000
Fitting mode	Structure Fit
U	0.000000
V	0.000000
W	1.68(4)
Pref. orientation direction/ hkl	0.00 0.00 1.00
Pref. orientation parameter	1.000000
Asymmetry parameter 1	0.000000
Asymmetry parameter 2	0.000000

Peak shape	
parameter 1	0.600000
parameter 2	0.000000
parameter 3	0.000000
R (Bragg)/ %	1.91094

Occupancy, atomic fract. coordinates and Biso for 82082-ICSD

Atom	Wyck.	s.o.f.	x	y	z	Biso/ 10 ⁴ pm ²
Ti1	4a	0.784000	0.000000	0.750000	0.125000	0.500000
O1	8e	1.000000	0.000000	0.250000	0.078200	0.500000

Relevant parameters of 62678-ICSD

Structure and profile data

Formula sum	Ti _{2.00} O _{4.00}
Formula mass/ g/mol	159.7976
Density (calculated)/ g/cm ³	4.2824
F(000)	76.0000
Weight fraction/ %	13.7(7)
Space group (No.)	P 42/m n m (136)
Lattice parameters	
a/ Å	4.62(1)
b/ Å	4.62(1)
c/ Å	2.90(1)
alpha/ °	90
beta/ °	90
gamma/ °	90
V/ 10 ⁶ pm ³	61.95455
Overall displacement parameter	1(1)
Extinction	0.000000
Flat Plate Absorption Correction	0.000000
Porosity	0.000000
Roughness	0.000000
Fitting mode	Structure Fit
U	0.000000
V	0.000000
W	4.5(9)
Pref. orientation direction/ hkl	0.00 0.00 1.00
Pref. orientation parameter	1.000000
Asymmetry parameter 1	0.000000
Asymmetry parameter 2	0.000000
Peak shape	
parameter 1	0.600000
parameter 2	0.000000
parameter 3	0.000000
R (Bragg)/ %	1.96646

Occupancy, atomic fract. coordinates and Biso for 62678-ICSD

Atom	Wyck.	s.o.f.	x	y	z	Biso/ 10 ⁴ pm ²
Ti1	2a	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000
O1	4f	1.000000	0.304930	0.304930	0.000000	0.500000

5.0 at% Fe-doped TiO₂

This is the simple example template containing only headers for each report item and the bookmarks. The invisible bookmarks are indicated by text between brackets.
Modify it according to your own needs and standards.

Structures Report:

Global Parameters

Number of used phases	2
Number of variables	14
Number of constraints	2
Zero shift/ 2θ	0.02(2)
Specimen displacement/ mm	0.000000
Profile function	Pseudo Voigt
Background	Polynomial
R (expected)/ %	11.40416
R (profile)/ %	20.03041
R (weighted profile)/ %	24.40751
GOF	4.58058
d-statistic	0.32191

Relevant parameters of 82082-ICSD

Structure and profile data	
Formula sum	Ti _{3.14} O _{8.00}
Formula mass/ g/mol	278.2096
Density (calculated)/ g/cm ³	3.3927
F(000)	132.9920
Weight fraction/ %	89.99(5)
Space group (No.)	I 41/a m d (141)
Lattice parameters	
a/ Å	3.782(2)
b/ Å	3.782(2)
c/ Å	9.516(6)
alpha/ °	90
beta/ °	90
gamma/ °	90
V/ 10 ⁶ pm ³	136.15070
Overall displacement parameter	0.0(2)
Extinction	0.000000
Flat Plate Absorption Correction	0.000000
Porosity	0.000000
Roughness	0.000000
Fitting mode	Structure Fit
U	0.000000
V	0.000000
W	1.07(4)
Pref. orientation direction/ hkl	0.00 0.00 1.00
Pref. orientation parameter	1.000000
Asymmetry parameter 1	0.000000
Asymmetry parameter 2	0.000000

Peak shape	
parameter 1	0.600000
parameter 2	0.000000
parameter 3	0.000000
R (Bragg)/ %	10.85969

Occupancy, atomic fract. coordinates and Biso for 82082-ICSD

Atom	Wyck.	s.o.f.	x	y	z	Biso/ 10 ⁴ pm ²
Ti1	4a	0.784000	0.000000	0.750000	0.125000	0.500000
O1	8e	1.000000	0.000000	0.250000	0.078200	0.500000

Relevant parameters of 62678-ICSD

Structure and profile data	
Formula sum	Ti _{2.00} O _{4.00}
Formula mass/ g/mol	159.7976
Density (calculated)/ g/cm ³	4.2429
F(000)	76.0000
Weight fraction/ %	10.01(2)
Space group (No.)	P 42/m n m (136)
Lattice parameters	
a/ Å	4.596(3)
b/ Å	4.596(3)
c/ Å	2.960(3)
alpha/ °	90
beta/ °	90
gamma/ °	90
V/ 10 ⁶ pm ³	62.53067
Overall displacement parameter	0.0(9)
Extinction	0.000000
Flat Plate Absorption Correction	0.000000
Porosity	0.000000
Roughness	0.000000
Fitting mode	Structure Fit
U	0.000000
V	0.000000
W	0.25(3)
Pref. orientation direction/ hkl	0.00 0.00 1.00
Pref. orientation parameter	1.000000
Asymmetry parameter 1	0.000000
Asymmetry parameter 2	0.000000
Peak shape	
parameter 1	0.600000
parameter 2	0.000000
parameter 3	0.000000
R (Bragg)/ %	19.16459

Occupancy, atomic fract. coordinates and Biso for 62678-ICSD

Atom	Wyck.	s.o.f.	x	y	z	Biso/ 10 ⁴ pm ²
Ti1	2a	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000
O1	4f	1.000000	0.304930	0.304930	0.000000	0.500000

7.0 at% Fe-doped TiO₂

This is the simple example template containing only headers for each report item and the bookmarks. The invisible bookmarks are indicated by text between brackets. Modify it according to your own needs and standards.

Structures Report:

Global Parameters

Number of used phases	2
Number of variables	14
Number of constraints	2
Zero shift/ 2θ	0.16(2)
Specimen displacement/ mm	0.000000
Profile function	Pseudo Voigt
Background	Polynomial
R (expected)/ %	10.00912
R (profile)/ %	20.40232
R (weighted profile)/ %	23.92371
GOF	4.69531
d-statistic	0.31807

Relevant parameters of 82082-ICSD

Structure and profile data	
Formula sum	Ti _{3.14} O _{8.00}
Formula mass/ g/mol	278.2096
Density (calculated)/ g/cm ³	3.3343
F(000)	132.9920
Weight fraction/ %	90.8(1)
Space group (No.)	I 41/a m d (141)
Lattice parameters	
a/ Å	3.781(2)
b/ Å	3.781(2)
c/ Å	9.52(1)
alpha/ °	90
beta/ °	90
gamma/ °	90
V/ 10 ⁶ pm ³	136.10590
Overall displacement parameter	0.0(2)
Extinction	0.000000
Flat Plate Absorption Correction	0.000000
Porosity	0.000000
Roughness	0.000000
Fitting mode	Structure Fit
U	0.000000
V	0.000000
W	1.05(5)
Pref. orientation direction/ hkl	0.00 0.00 1.00
Pref. orientation parameter	1.000000
Asymmetry parameter 1	0.000000
Asymmetry parameter 2	0.000000

Peak shape	
parameter 1	0.600000
parameter 2	0.000000
parameter 3	0.000000
R (Bragg)/ %	10.36380

Occupancy, atomic fract. coordinates and Biso for 82082-ICSD

Atom	Wyck.	s.o.f.	x	y	z	Biso/ 10 ⁴ pm ²
Ti1	4a	0.784000	0.000000	0.750000	0.125000	0.500000
O1	8e	1.000000	0.000000	0.250000	0.078200	0.500000

Relevant parameters of 62678-ICSD

Structure and profile data

Formula sum	Ti _{2.00} O _{4.00}
Formula mass/ g/mol	159.7976
Density (calculated)/ g/cm ³	4.2393
F(000)	76.0000
Weight fraction/ %	9.2(4)
Space group (No.)	P 42/m n m (136)
Lattice parameters	

a/ Å	4.594(1)
b/ Å	4.594(1)
c/ Å	2.9578(3)
alpha/ °	90
beta/ °	90
gamma/ °	90
V/ 10 ⁶ pm ³	62.43049

Overall displacement parameter	0.0(7)
Extinction	0.000000
Flat Plate Absorption Correction	0.000000
Porosity	0.000000
Roughness	0.000000
Fitting mode	Structure Fit
U	0.000000
V	0.000000
W	0.22(3)
Pref. orientation direction/ hkl	0.00 0.00 1.00
Pref. orientation parameter	1.000000
Asymmetry parameter 1	0.000000
Asymmetry parameter 2	0.000000
Peak shape	
parameter 1	0.600000
parameter 2	0.000000
parameter 3	0.000000
R (Bragg)/ %	20.06982

Occupancy, atomic fract. coordinates and Biso for 62678-ICSD

Atom	Wyck.	s.o.f.	x	y	z	Biso/ 10 ⁴ pm ²
Ti1	2a	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000
O1	4f	1.000000	0.304930	0.304930	0.000000	0.500000

0.5 at% Cu-doped TiO₂

This is the simple example template containing only headers for each report item and the bookmarks. The invisible bookmarks are indicated by text between brackets.
Modify it according to your own needs and standards.

Structures Report:

Global Parameters

Number of used phases	2
Number of variables	14
Number of constraints	2
Zero shift/ 2Theta	0.03(1)
Specimen displacement/ mm	0.000000
Profile function	Pseudo Voigt
Background	Polynomial
R (expected)/ %	12.03766
R (profile)/ %	24.36484
R (weighted profile)/ %	28.80808
GOF	5.72723
d-statistic	0.21391

Relevant parameters of 82082-ICSD

Structure and profile data	
Formula sum	Ti _{3.14} O _{8.00}
Formula mass/ g/mol	278.2096
Density (calculated)/ g/cm ³	3.3922
F(000)	132.9920
Weight fraction/ %	37.0(7)
Space group (No.)	I 41/a m d (141)
Lattice parameters	
a/ Å	3.777(2)
b/ Å	3.777(2)
c/ Å	9.547(9)
alpha/ °	90
beta/ °	90
gamma/ °	90
V/ 10 ⁶ pm ³	136.16710
Overall displacement parameter	0.0(4)
Extinction	0.000000
Flat Plate Absorption Correction	0.000000
Porosity	0.000000
Roughness	0.000000
Fitting mode	Structure Fit
U	0.000000
V	0.000000
W	0.70(6)
Pref. orientation direction/ hkl	0.00 0.00 1.00
Pref. orientation parameter	1.000000
Asymmetry parameter 1	0.000000
Asymmetry parameter 2	0.000000

Peak shape	
parameter 1	0.600000
parameter 2	0.000000
parameter 3	0.000000
R (Bragg)/ %	14.89569

Occupancy, atomic fract. coordinates and Biso for 82082-ICSD

Atom	Wyck.	s.o.f.	x	y	z	Biso/ 10 ⁴ pm ²
Ti1	4a	0.784000	0.000000	0.750000	0.125000	0.500000
O1	8e	1.000000	0.000000	0.250000	0.078200	0.500000

Relevant parameters of 62678-ICSD

Structure and profile data

Formula sum	Ti _{2.00} O _{4.00}
Formula mass/ g/mol	159.7976
Density (calculated)/ g/cm ³	4.2537
F(000)	76.0000
Weight fraction/ %	63.0(8)
Space group (No.)	P 42/m n m (136)
Lattice parameters	
a/ Å	4.594(1)
b/ Å	4.594(1)
c/ Å	2.9558(9)
alpha/ °	90
beta/ °	90
gamma/ °	90
V/ 10 ⁶ pm ³	62.37254
Overall displacement parameter	0.0(2)
Extinction	0.000000
Flat Plate Absorption Correction	0.000000
Porosity	0.000000
Roughness	0.000000
Fitting mode	Structure Fit
U	0.000000
V	0.000000
W	0.195(9)
Pref. orientation direction/ hkl	0.00 0.00 1.00
Pref. orientation parameter	1.000000
Asymmetry parameter 1	0.000000
Asymmetry parameter 2	0.000000
Peak shape	
parameter 1	0.600000
parameter 2	0.000000
parameter 3	0.000000
R (Bragg)/ %	19.84594

Occupancy, atomic fract. coordinates and Biso for 62678-ICSD

Atom	Wyck.	s.o.f.	x	y	z	Biso/ 10 ⁴ pm ²
Ti1	2a	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000
O1	4f	1.000000	0.304930	0.304930	0.000000	0.500000

1.0 at% Cu-doped TiO₂

This is the simple example template containing only headers for each report item and the bookmarks. The invisible bookmarks are indicated by text between brackets. Modify it according to your own needs and standards.

Structures Report:

Global Parameters

Number of used phases	2
Number of variables	14
Number of constraints	2
Zero shift/ 2θ	-0.05(2)
Specimen displacement/ mm	0.000000
Profile function	Pseudo Voigt
Background	Polynomial
R (expected)/ %	11.73224
R (profile)/ %	23.29519
R (weighted profile)/ %	27.80601
GOF	5.61715
d-statistic	0.23282

Relevant parameters of 82082-ICSD

Structure and profile data	
Formula sum	Ti _{3.14} O _{8.00}
Formula mass/ g/mol	278.2096
Density (calculated)/ g/cm ³	3.3944
F(000)	132.9920
Weight fraction/ %	57.73(2)
Space group (No.)	I 41/a m d (141)
Lattice parameters	
a/ Å	3.776(2)
b/ Å	3.776(2)
c/ Å	9.543(8)
alpha/ °	90
beta/ °	90
gamma/ °	90
V/ 10 ⁶ pm ³	136.07970
Overall displacement parameter	0.0(3)
Extinction	0.000000
Flat Plate Absorption Correction	0.000000
Porosity	0.000000
Roughness	0.000000
Fitting mode	Structure Fit
U	0.000000
V	0.000000
W	0.94(6)
Pref. orientation direction/ hkl	0.00 0.00 1.00
Pref. orientation parameter	1.000000
Asymmetry parameter 1	0.000000
Asymmetry parameter 2	0.000000

Peak shape	
parameter 1	0.600000
parameter 2	0.000000
parameter 3	0.000000
R (Bragg)/ %	14.19661

Occupancy, atomic fract. coordinates and Biso for 82082-ICSD

Atom	Wyck.	s.o.f.	x	y	z	Biso/ 10 ⁴ pm ²
Ti1	4a	0.784000	0.000000	0.750000	0.125000	0.500000
O1	8e	1.000000	0.000000	0.250000	0.078200	0.500000

Relevant parameters of 62678-ICSD

Structure and profile data	
Formula sum	Ti _{2.00} O _{4.00}
Formula mass/ g/mol	159.7976
Density (calculated)/ g/cm ³	4.2547
F(000)	76.0000
Weight fraction/ %	42.27(8)
Space group (No.)	P 42/m n m (136)
Lattice parameters	
a/ Å	4.594(2)
b/ Å	4.594(2)
c/ Å	2.955(1)
alpha/ °	90
beta/ °	90
gamma/ °	90
V/ 10 ⁶ pm ³	62.35763
Overall displacement parameter	0.0(3)
Extinction	0.000000
Flat Plate Absorption Correction	0.000000
Porosity	0.000000
Roughness	0.000000
Fitting mode	Structure Fit
U	0.000000
V	0.000000
W	0.22(2)
Pref. orientation direction/ hkl	0.00 0.00 1.00
Pref. orientation parameter	1.000000
Asymmetry parameter 1	0.000000
Asymmetry parameter 2	0.000000
Peak shape	
parameter 1	0.600000
parameter 2	0.000000
parameter 3	0.000000
R (Bragg)/ %	24.14669

Occupancy, atomic fract. coordinates and Biso for 62678-ICSD

Atom	Wyck.	s.o.f.	x	y	z	Biso/ 10 ⁴ pm ²
Ti1	2a	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000
O1	4f	1.000000	0.304930	0.304930	0.000000	0.500000

2.0 at% Cu-doped TiO₂

This is the simple example template containing only headers for each report item and the bookmarks. The invisible bookmarks are indicated by text between brackets.
Modify it according to your own needs and standards.

Structures Report:

Global Parameters

Number of used phases	2
Number of variables	14
Number of constraints	2
Zero shift/ 2θ	0.01(1)
Specimen displacement/ mm	0.000000
Profile function	Pseudo Voigt
Background	Polynomial
R (expected)/ %	11.84420
R (profile)/ %	22.77579
R (weighted profile)/ %	27.06263
GOF	5.22070
d-statistic	0.22926

Relevant parameters of 82082-ICSD

Structure and profile data	
Formula sum	Ti _{3.14} O _{8.00}
Formula mass/ g/mol	278.2096
Density (calculated)/ g/cm ³	3.3905
F(000)	132.9920
Weight fraction/ %	53.9(8)
Space group (No.)	I 41/a m d (141)
Lattice parameters	
a/ Å	3.779(2)
b/ Å	3.779(2)
c/ Å	9.538(7)
alpha/ °	90
beta/ °	90
gamma/ °	90
V/ 10 ⁶ pm ³	136.23790
Overall displacement parameter	0.0(3)
Extinction	0.000000
Flat Plate Absorption Correction	0.000000
Porosity	0.000000
Roughness	0.000000
Fitting mode	Structure Fit
U	0.000000
V	0.000000
W	0.90(5)
Pref. orientation direction/ hkl	0.00 0.00 1.00
Pref. orientation parameter	1.000000
Asymmetry parameter 1	0.000000
Asymmetry parameter 2	0.000000

Peak shape	
parameter 1	0.600000
parameter 2	0.000000
parameter 3	0.000000
R (Bragg)/ %	13.25869

Occupancy, atomic fract. coordinates and Biso for 82082-ICSD

Atom	Wyck.	s.o.f.	x	y	z	Biso/ 10 ⁴ pm ²
Ti1	4a	0.784000	0.000000	0.750000	0.125000	0.500000
O1	8e	1.000000	0.000000	0.250000	0.078200	0.500000

Relevant parameters of 62678-ICSD

Structure and profile data	
Formula sum	Ti _{2.00} O _{4.00}
Formula mass/ g/mol	159.7976
Density (calculated)/ g/cm ³	4.2511
F(000)	76.0000
Weight fraction/ %	46.1(6)
Space group (No.)	P 42/m n m (136)
Lattice parameters	
a/ Å	4.594(2)
b/ Å	4.594(2)
c/ Å	2.957(1)
alpha/ °	90
beta/ °	90
gamma/ °	90
V/ 10 ⁶ pm ³	62.41024
Overall displacement parameter	0.0(3)
Extinction	0.000000
Flat Plate Absorption Correction	0.000000
Porosity	0.000000
Roughness	0.000000
Fitting mode	Structure Fit
U	0.000000
V	0.000000
W	0.22(1)
Pref. orientation direction/ hkl	0.00 0.00 1.00
Pref. orientation parameter	1.000000
Asymmetry parameter 1	0.000000
Asymmetry parameter 2	0.000000
Peak shape	
parameter 1	0.600000
parameter 2	0.000000
parameter 3	0.000000
R (Bragg)/ %	22.31916

Occupancy, atomic fract. coordinates and Biso for 62678-ICSD

Atom	Wyck.	s.o.f.	x	y	z	Biso/ 10 ⁴ pm ²
Ti1	2a	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000
O1	4f	1.000000	0.304930	0.304930	0.000000	0.500000

5.0 at% Cu-doped TiO₂

This is the simple example template containing only headers for each report item and the bookmarks. The invisible bookmarks are indicated by text between brackets.

Modify it according to your own needs and standards.

Structures Report:

Global Parameters

Number of used phases	2
Number of variables	14
Number of constraints	2
Zero shift/ 2θ	-0.05(1)
Specimen displacement/ mm	0.000000
Profile function	Pseudo Voigt
Background	Polynomial
R (expected)/ %	11.80510
R (profile)/ %	23.17372
R (weighted profile)/ %	27.79296
GOF	5.54281
d-statistic	0.24155

Relevant parameters of 82082-ICSD

Structure and profile data	
Formula sum	Ti _{3.14} O _{8.00}
Formula mass/ g/mol	278.2096
Density (calculated)/ g/cm ³	3.3928
F(000)	132.9920
Weight fraction/ %	57.5(1)
Space group (No.)	1 41/a m d (141)
Lattice parameters	
a/ Å	3.777(2)
b/ Å	3.777(2)
c/ Å	9.544(7)
alpha/ °	90
beta/ °	90
gamma/ °	90
V/ 10 ⁶ pm ³	136.14570
Overall displacement parameter	0.0(3)
Extinction	0.000000
Flat Plate Absorption Correction	0.000000
Porosity	0.000000
Roughness	0.000000
Fitting mode	Structure Fit
U	0.000000
V	0.000000
W	0.99(6)
Pref. orientation direction/ hkl	0.00 0.00 1.00
Pref. orientation parameter	1.000000
Asymmetry parameter 1	0.000000
Asymmetry parameter 2	0.000000

Peak shape	
parameter 1	0.600000
parameter 2	0.000000
parameter 3	0.000000
R (Bragg)/ %	14.47932

Occupancy, atomic fract. coordinates and Biso for 82082-ICSD

Atom	Wyck.	s.o.f.	x	y	z	Biso/ 10 ⁴ pm ²
Ti1	4a	0.784000	0.000000	0.750000	0.125000	0.500000
O1	8e	1.000000	0.000000	0.250000	0.078200	0.500000

Relevant parameters of 62678-ICSD

Structure and profile data	
Formula sum	Ti _{2.00} O _{4.00}
Formula mass/ g/mol	159.7976
Density (calculated)/ g/cm ³	4.2552
F(000)	76.0000
Weight fraction/ %	42.5(7)
Space group (No.)	P 4 ₂ /m n m (136)
Lattice parameters	
a/ Å	4.593(2)
b/ Å	4.593(2)
c/ Å	2.955(1)
alpha/ °	90
beta/ °	90
gamma/ °	90
V/ 10 ⁶ pm ³	62.35007
Overall displacement parameter	0.0(3)
Extinction	0.000000
Flat Plate Absorption Correction	0.000000
Porosity	0.000000
Roughness	0.000000
Fitting mode	Structure Fit
U	0.000000
V	0.000000
W	0.19(1)
Pref. orientation direction/ hkl	0.00 0.00 1.00
Pref. orientation parameter	1.000000
Asymmetry parameter 1	0.000000
Asymmetry parameter 2	0.000000
Peak shape	
parameter 1	0.600000
parameter 2	0.000000
parameter 3	0.000000
R (Bragg)/ %	24.72870

Occupancy, atomic fract. coordinates and Biso for 62678-ICSD

Atom	Wyck.	s.o.f.	x	y	z	Biso/ 10 ⁴ pm ²
Ti1	2a	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000
O1	4f	1.000000	0.304930	0.304930	0.000000	0.500000

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายพฤษัย พงษ์วัน
วัน เดือน ปี เกิด	2531 เมษายน 21
ประวัติการศึกษา	2553–2554 วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วัสดุศาสตร์) ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย 2549–2552 วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์) ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัด อุบลราชธานี ประเทศไทย 2543–2548 มัธยมศึกษาปีที่ 1–6 โรงเรียนขุนหาญวิทยาสรรค์ อำเภอขุนหาญ จังหวัดศรีสะเกษ ประเทศไทย

ผลงานวิจัย

Preparation and characterization of lithium-mica glass-ceramic containing Cr₂O₃. (โครงการพิเศษระดับปริญญาตรี)

Effect of transition metal ions on photocatalytic activity of titanium dioxide nanoparticles synthesized by the modified sol-gel method. (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท)

P. Pongwan, B. Incessungvorn, K. Wetchakun, S. Phanichphant, and N. Wetchakun, Highly efficient visible-light-induced photocatalytic activity of Fe-doped TiO₂ nanoparticles, *Engineering Journal*, Manuscript Accepted.



งานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ

P. Pongwan, B. Incessungvorn, K. Wetchakun, S. Phanichphant, and N. Wetchakun, Synthesis and characterization of copper-doped titanium dioxide nanoparticles with enhanced visible light photocatalytic activity, Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON2012), 11-13 January 2012, Chiang Mai, Thailand.

P. Pongwan, B. Incessungvorn, K. Wetchakun, S. Phanichphant, and N. Wetchakun, Highly efficient visible-light-induced photocatalytic activity of Fe-doped TiO_2 nanoparticles, German-Thai Symposium on Nanoscience and Nanotechnology 2011 (GTSNN 2011) on GREEN NANOTECHNOLOGY FOR THE FUTURE, 13-16 September 2011, Synchrotron Light Research Institute Conference Center, Nakhorn Ratchasima, Thailand.

