

СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ 2,4-ДИНИТРОБЕНЗОЛСУЛЬФОНАТА ТЕТРАФЕНИЛФОСФОНИЯ

В.В. Шарутин, Н. Мукушева, А.В. Уржумова

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Взаимодействием сольвата пентафенилфосфора ($\text{Ph}_5\text{P} \cdot \frac{1}{2}\text{C}_6\text{H}_6$) с 2,4-динитробензолсульфоновой кислотой в растворе бензола синтезирован термически устойчивый (температура плавления 185 °С) и устойчивый к действию воды и кислорода воздуха 2,4-динитробензолсульфонат тетрафенилфосфония $[\text{Ph}_4\text{P}]^+[\text{O}_3\text{SC}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_{2,4}]^-$ (**1**), хорошо растворимый в воде, ацетоне, спирте, диоксане, тетрагидрофуране, бензоле, толуоле, ксилоле и нерастворимый в алифатических углеводородах. По данным рентгеноструктурного анализа, проведенного при 293 К на автоматическом четырехкружном дифрактометре D8 Quest Bruker (двухкоординатный CCD – детектор, MoK_α -излучение, $\lambda = 0,71073 \text{ \AA}$, графитовый монохроматор), бесцветные кристаллы **1** $[\text{C}_{30}\text{H}_{23}\text{N}_2\text{O}_7\text{PS}$, M 586,53; сингония ромбическая, группа симметрии $P2_12_12_1$; a 7,111(8), b 17,49(2); c 22,06 Å; V 2743 Å³; Z 4; μ 0,229 мм⁻¹; $F(000)$ 1216,0; размер кристалла 0,15×0,20×0,25 мм; область сбора данных по 2θ 6,02–34,98 град.; интервалы индексов отражений $-6 \leq h \leq 6$, $-14 \leq k \leq 14$, $-18 \leq l \leq 18$; всего отражений 12782; независимых отражений 1717; отражений с $F^2 > 2\sigma(F^2)$ 1663, R_{int} 0,0266; переменных уточнения 370, $GOOF$ 1,080; $R_1 = 0,0222$; $wR_2 = 0,0535$; остаточная электронная плотность 0,12/–0,17 е/Å³] состоят из незначительно искаженных тетраэдрических катионов [длины связей P–C изменяются в интервалах 1,783(4)–1,801(4) Å; углы CPC составляют 106,31(19)°–110,54(19)°] и 2,4-динитробензолсульфонатных анионов [расстояния S–O 1,443(3)–1,451(3) Å, S–C 1,813(4) Å; углы OSO 113,36(16)°–114,72(16)°, OSC 104,14(17)°]. Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов депонированы в Кембриджском банке структурных данных (№ 1822547; deposit@ccdc.cam.ac.uk; <http://www.ccdc.cam.ac.uk>). ИК-спектр **1** содержит характерные для сульфогрупп полосы поглощения: 1227–1238 см⁻¹, 1141–1188 см⁻¹ и ~1000 см⁻¹. Действие на водный раствор **1** водного раствора иодистого калия приводит к количественному образованию иодида тетрафенилфосфония.

Ключевые слова: комплекс, $[\text{Ph}_4\text{P}]^+ [\text{OSO}_2\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_{2,4}]^-$, синтез, рентгеноструктурный анализ.

Введение

В литературе описаны методы получения и особенности строения органических соединений пятивалентного фосфора [1–10]. Значительно меньше изучена реакционная способность таких соединений. Например, для пентафенилфосфора известны реакции со спиртами, оксидами неметаллов и кислотами, протекающие с отщеплением фенильных лигандов от атома фосфора [10–12].

В настоящей работе изучено взаимодействие 2,4-динитробензолсульфоновой кислоты с пентафенилфосфором и установлено строение продукта реакции.

Экспериментальная часть

Синтез 2,4-динитробензолсульфоната тетрафенилфосфония (1). К раствору 100 мг (0,22 ммоль) сольвата пентафенилфосфора с бензолом в 20 мл бензола прибавляли раствор 47 мг (0,22 ммоль) 2,4-динитробензолсульфоновой кислоты в 20 мл бензола, нагревали 10 мин при 80 °С, концентрировали раствор до объема 1 мл, образовавшиеся бесцветные кристаллы сушили и взвешивали. Получили 116 мг (90%), $t_{\text{пл}} = 196 \text{ °C}$. ИК-спектр (ν , см⁻¹): 3422, 3085, 1603, 1543, 1533, 1439, 1356, 1250, 1233, 1109, 1026, 725, 687, 633, 527. Найдено, %: С 61,21; Н 4,08. Для $\text{C}_{30}\text{H}_{23}\text{N}_2\text{O}_7\text{PS}$ вычислено, %: С 61,38; Н 3,92.

ИК-спектр (ν , см⁻¹): 2839, 1576, 1476, 1439, 1379, 1313, 1283, 1261, 1240, 1190, 1152, 1144, 1130, 1096, 1045, 1013, 916, 876, 810, 735, 706, 681, 621, 594, 525, 449, 438.

ИК-спектр соединения **1** записывали на ИК-спектрометре Shimadzu IRAffinity-1S в таблицах КВт в области 4000–400 см⁻¹.

РСА кристалла **1** проводили на дифрактометре D8 Quest фирмы Bruker (MoK α -излучение, $\lambda = 0,71073$ Å, графитовый монохроматор) при 293(2) К. Сбор, редактирование данных и уточнение параметров элементарной ячейки, а также учет поглощения проведены по программам SMART и SAINT-Plus [13]. Все расчеты по определению и уточнению структуры выполнены по программам SHELXL/PC [14] и OLEX2 [15]. Структура определена прямым методом и уточнена методом наименьших квадратов в анизотропном приближении для неводородных атомов. Основные кристаллографические данные и результаты уточнения структуры **1** приведены в табл. 1, основные длины связей и валентные углы – в табл. 2. Полные таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов депонированы в Кембриджском банке структурных данных (№ 1822547; deposit@ccdc.cam.ac.uk; http://www.ccdc.cam.ac.uk).

Таблица 1
Кристаллографические данные, параметры эксперимента и уточнения структуры **1**

Параметр	Значение
<i>M</i>	586,53
Сингония	Ромбическая
Пр. гр.	P2 ₁ 2 ₁ 2 ₁
<i>a</i> , Å	7,111(8)
<i>b</i> , Å	17,49(2)
<i>c</i> , Å	22,06(3)
α , град.	90,00
β , град.	90,00
γ , град.	90,00
<i>V</i> , Å ³	2743(6)
<i>Z</i>	4
$\rho_{\text{выч.}}$, г/см ³	1,420
μ , мм ⁻¹	0,229
<i>F</i> (000)	1216,0
Размер кристалла, мм	0,33 × 0,1 × 0,06
Область сбора данных по 2 θ , град.	6,02–34,98
Интервалы индексов отражений	$-6 \leq h \leq 6, -14 \leq k \leq 14, -18 \leq l \leq 18$
Измерено отражений	12782
Независимых отражений	1717 ($R_{\text{int}} = 0,0266$)
Переменных уточнения	370
<i>GOOF</i>	1,080
<i>R</i> -факторы по $F^2 > 2\sigma(F^2)$	$R_1 = 0,0222, wR_2 = 0,0535$
<i>R</i> -факторы по всем отражениям	$R_1 = 0,0233, wR_2 = 0,0544$
Остаточная электронная плотность (min/max), е/Å ³	0,12/–0,17

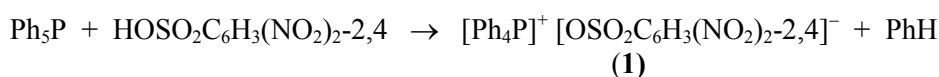
Таблица 2
Основные длины связей (*d*) и валентные углы в структуре **1**

Связь	<i>d</i> , Å	Угол	ω , град
S(1)–O(3)	1,451(3)	O(3)S(1)C(41)	103,8(2)
S(1)–O(2)	1,444(3)	O(2)S(1)O(3)	113,36(16)
S(1)–O(1)	1,443(3)	O(2)S(1)C(41)	104,14(17)
S(1)–C(41)	1,813(4)	O(1)S(1)O(3)	114,15(16)
P(1)–C(1)	1,793(4)	O(1)S(1)O(2)	114,72(16)
P(1)–C(11)	1,801(4)	O(1)S(1)C(41)	105,05(16)

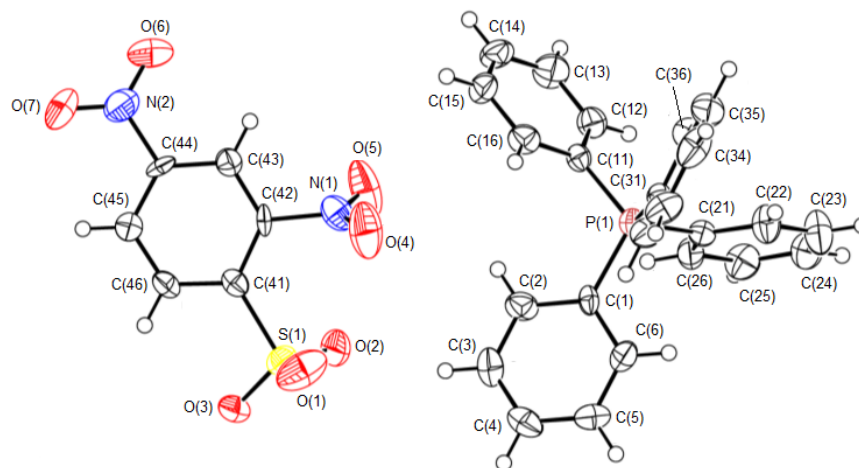
Связь	$d, \text{Å}$	Угол	$\omega, \text{град}$
P(1)–C(21)	1,795(4)	C(1)P(1)C(11)	111,2(2)
P(1)–C(31)	1,783(4)	C(1)P(1)C(21)	108,62(19)
O(7)–N(2)	1,223(4)	C(21)P(1)C(11)	110,11(19)
O(4)–N(1)	1,192(4)	C(31)P(1)C(1)	110,0(2)
O(6)–N(2)	1,227(4)	C(31)P(1)C(11)	106,31(19)
N(1)–C(42)	1,486(5)	C(31)P(1)C(21)	110,54(19)
N(1)–O(5)	1,205(3)	O(4)N(1)C(42)	120,2(3)
N(2)–C(44)	1,465(5)	O(4)N(1)O(5)	123,2(3)

Обсуждение результатов

Мы установили, что дефенилирование пентафенилфосфора 2,4-динитробензолсульфоновой кислотой (мольное соотношение 1:1, бензол) приводит к количественному образованию 2,4-динитробензолсульфоната тетрафенилфосфония, который представляет собой бесцветное кристаллическое вещество, хорошо растворимое в воде, ацетоне, спирте, диоксане, тетрагидрофуране, бензоле, толуоле, ксилоле и нерастворимое в алифатических углеводородах.



По данным рентгеноструктурного анализа, 2,4-динитробензолсульфонат тетрафенилфосфония **1** является ионным соединением. Катионы тетрафенилфосфония имеют мало искаженную тетраэдрическую конфигурацию (см. рисунок).



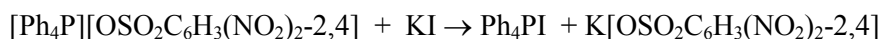
Строение комплекса **1**

Валентные углы СРС в катионах комплекса **1** изменяются в интервалах $106,31(19)^\circ$ – $110,54(19)^\circ$, расстояния Р–С равны $1,783(4)$ – $1,801(4) \text{ Å}$.

Известно, что ИК-спектры сульфоновых кислот содержат характерные полосы поглощения: 1260 – 1150 см^{-1} (сильная полоса) и 1080 – 1010 см^{-1} (полоса средней интенсивности), которые относятся к асимметричным и симметричным валентным колебаниям сульфонатной группы SO_3 [16]. Отмечено, что первая из этих полос обычно расщепляется, а положение полосы в интервале 1080 – 1010 см^{-1} практически не зависит от строения кислоты. ИК-спектры комплекса **1** также содержат характерные для сульфогрупп полосы поглощения: 1250 см^{-1} , 1109 см^{-1} и 1026 см^{-1} . Оче-

видно, что смещение последней полосы в сторону меньших частот предполагает удлинение связей S=O и выравнивание трех связей в группе SO₃, что и наблюдается в аренсульфонатном анионе [длины связей S–O составляют 1,443(3), 1,444(3), 1,451(3) Å]. Отметим, что подобное распределение электронной плотности наблюдается и в анионах 2,5-диметилбензолсульфонатов тетрафенилсурьмы и тетрафенилвисмута, длины связей S–O в которых равны 1,383(14), 1,440(11), 1,450(2) и 1,439(3), 1,443(3), 1,457(3) Å соответственно [17, 18].

На ионный характер связи в аренсульфонате тетрафенилфосфония **1** указывает его реакция с иодистым калием в водном растворе, приводящая к немедленному образованию иодида тетрафенилфосфония, осаждаемого из раствора в виде рыхлого бесцветного осадка.



Таким образом, реакцию дефенилирования пентафенилфосфора 2,4-динитробензолсульфоновой кислотой можно считать эффективным одностадийным методом получения 2,4-динитробензолсульфоната тетрафенилфосфора.

Литература

1. Wheatley, P.J. The Crystal and Molecular Structure of Aspirin / P.J. Wheatley // J. Am. Chem. Soc. – 1964. – P. 6036–6048. DOI: 10.1039/JR9640006036.
2. Carbodicarbenes: Unexpected π -Accepting Ability during Reactivity with Small Molecules / W.-C. Chen, W.-C. Shih, T. Jurca et al. // J. Am. Chem. Soc. – 2017. – V. 139. – P. 12830–12836. DOI: 10.1021/jacs.7b08031.
3. The Chemistry of Heteroarylphosphorus Compounds, Part 16.+ An X-Ray Structural Study of (2-Thienyl)bis(2,2'-biphenylene)phosphorane. A Comparison with Related Methyl and Aryl bis(2,2'-biphenylene)-spiroposphoranes / D.W. Allen, L.A. March, I.W. Nowell, J.C. Tebby // Z. Naturforsch. B. Chem. Sci. – 1983. – Bd. 38. – P. 465–469. 0340-5087/83/0400-0465/\$ 01.00/0.
4. Form Formation of a Dicyanotriorganophosphorane from the Reaction of Triphenylphosphane with Phenylselenocyanate / N.A. Barnes, S.M. Godfrey, R.T.A. Halton et al. // Angew. Chem. Int. Ed. – 2006. – V. 45. – P. 1272–1275. DOI: 10.1002/anie.200503335.
5. 5-Organyl-5-phosphaspiro[4.4]nonanes: a contribution to the structural chemistry of spirocyclic tetraalkylphosphonium salts and pentaalkylphosphoranes / U. Monkowius, N.W. Mitzel, A. Schier, H. Schmidbauer // J. Am. Chem. Soc. – 2002. – V. 124. – P. 6126–6132. DOI: 10.1021/ja012041g.
6. Diphosphanylketenimines: new reagents for the synthesis of unique phosphorus heterocycles / J. Ruiz, F. Marquinez, V. Riera et al. // Chem.-Eur. J. – 2002. – V. 8. – P. 3872–3878. DOI: 10.1002/1521-3765(20020902)8:17.
7. Muller, G. Crystal and Molecular Structure of P(C₆H₅)₅·0.5 THF / G. Muller, U.J. Bildmann // Z. Naturforsch. B. Chem. Sci. – 2004. – Bd. 59, № 11-12. – S. 1411–1414. DOI: 10.1515/znb-2004-11-1207.
8. Day, R.O. Molecular structure of the methyl and phenyl derivatives of bis(2,2'-biphenylene)phosphorene / R.O. Day, S. Husebye, R.R. Holmes // Inorg. Chem. – 1980. – V. 19. – P. 3616–3622. DOI: 10.1021/ic50214a011.
9. A Facile Access to $1\lambda^5$, $3\lambda^5$ -Benzodiphospholes / H.J. Bestmann, H.P. Oechsner, C. Egerer-Sieber et al. // Angew. Chem. Int. Ed. – 1995. – V. 34. – P. 2017–2020. DOI: 10.1002/anie.199520171.
10. Термолиз пентафенилфосфорана в присутствии диоксида углерода / В.В. Шарутин, В.Т. Бычков, В.А. Лебедев и др. // Журн. общ. химии. – 1986. – Т. 56, № 2. – С. 325–328.
11. Alkyloxy- and silyloxy-derivatives of P^V and Sb^V / G.A. Razuvaev, N.A. Osanova, T.G. Brilkina et al. // J. Organometal. Chem. – 1975. – V. 99. – P. 93–106. DOI: org/10.1016/S0022-328X(00)8636.
12. Карбоксилаты и сульфонаты тетрафенилфосфора. Синтез и строение / В.В. Шарутин, В.С. Сенчурин, О.К. Шарутина, Е.А. Бояркина // Журнал общей химии. – 2009. – Т. 79. – С. 80–89.
13. Bruker. SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1998.

14. Bruker. SHELXTL/PC. Versions 5.10. An Integrated System for Solving, Refining and Displaying Crystal Structures From Diffraction Data. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1998.

15. OLEX2: a Complete Structure Solution, Refinement and Analysis Program / O.V. Dolomanov, L.J. Bourhis, R.J. Gildea et al. // *J. Appl. Cryst.* – 2009. – V. 42. – P. 339–341. DOI: 10.1107/S0021889808042726.

16. Беллами, Л. Инфракрасные спектры сложных молекул / Л. Беллами; пер. с англ. В.М. Акимова, Ю.А. Пентина, Э.Г. Тетерина. – М., 1963. – 590 с.

17. Сульфонаты тетра- и триарилсурьмы / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, Л.П. Панова, В.К. Бельский // *Журн. общ. химии.* – 1997. – Т. 67, № 9. – С. 1531–1535.

18. Реакции пентаарилсурьмы с диацилатами триарилсурьмы / В.В. Шарутин, О.К. Шарутина, И.В. Егорова и др. // *Журн. общ. химии.* – 1999. – Т. 69, № 9. – С. 1470–1473.

Шарутин Владимир Викторович – доктор химических наук, профессор, старший научный сотрудник УНИД, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76. E-mail: vvsharutin@rambler.ru.

Мукушева Неля – студент химического факультета, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76. E-mail: djen.west@mail.ru.

Уржумова Анна Викторовна – студент химического факультета, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76. E-mail: anna.urzhumova7@yandex.ru.

Поступила в редакцию 5 марта 2018 г.

DOI: 10.14529/chem180206

SYNTHESIS AND STRUCTURE OF TETRAPHENYLPHOSPHONIUM 2,4-DINITROBENZENESULFONATE

V.V. Sharutin, vvsharutin@rambler.ru

N. Mukusheva, djen.west@mail.ru

A.V. Urzhumova, anna.urzhumova7@yandex.ru.

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The interaction of the solvate of pentaphenylphosphorus ($\text{Ph}_5\text{P} \cdot \frac{1}{2}\text{C}_6\text{H}_6$) with 2,4-dinitrobenzenesulfonic acid in a benzene solution synthesized tetraphenylphosphonium 2,4-dinitrobenzenesulfonate $[\text{Ph}_4\text{P}]^+[\text{O}_3\text{SC}_6\text{H}_3(\text{NO}_2-2,4)]^-$ (**1**), thermally stable (mp 185 °C), readily soluble in water, acetone, alcohol, dioxane, tetrahydrofuran, benzene, toluene, xylene and insoluble in aliphatic hydrocarbons. According to the X-ray diffraction data, obtained at 293 K for colorless crystals **1** [$\text{C}_{30}\text{H}_{23}\text{N}_2\text{O}_7\text{PS}$, M 586.53, the rhombic system, symmetry group $P2_12_12_1$, crystal size 0.15×0.20×0.25 mm, the data acquisition area 2θ , 6.02–34.98 degrees, intervals of reflection indexes $-6 \leq h \leq 6$, $-14 \leq k \leq 14$, $-18 \leq l \leq 18$, total reflections 12782, independent reflections 1717, reflections with $F^2 > 2\sigma(F^2)$ 1663, R_{int} 0.0266, variables 370, GOOF 1.080, $R_1 = 0.0222$, $wR_2 = 0.0535$, residual electron density 0.12 / $-0.17 \text{ e} / \text{\AA}^3$] they consist of slightly distorted tetrahedral cations [the P–C bond lengths vary in the intervals 1.783(4)–1.801(4) Å; angles CPC are 106.31(19)°–110.54(19)°] and 2,4-dinitrobenzenesulfonate anions [distances S–O 1.443(3)–1.451(3) Å, S–C 1.813(4) Å; angles OSO 113.36(16)°–114.72(16)°, OSS 104.14(17)°]. Complete tables of coordinates of atoms, bond lengths and valence angles are deposited at the Cambridge Structural Data Bank (No. 1822547; deposit@ccdc.cam.ac.uk; http://www.ccdc.cam.ac.uk). The IR spectrum **1** contains absorption bands characteristic of sulfonic groups: 1227–1238 cm^{-1} , 1141–1188 cm^{-1}

and $\sim 1000\text{ cm}^{-1}$. The action of potassium iodide aqueous solution on aqueous solution **1** leads to quantitative formation of tetraphenylphosphonium iodide.

Keywords: complex, $[\text{Ph}_4\text{P}]^+$ $[\text{OSO}_2\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_{2-2,4}]^-$, synthesis, X-ray diffraction analysis.

References

1. Wheatley P.J. The Crystal and Molecular Structure of Aspirin. *J. Am. Chem. Soc.*, 1964, pp. 6036–6048. DOI: 10.1039/JR9640006036.
2. Chen W.-C., Shih W.-C., Jurca T., Andrada D.M., Peng C.-J., Chang C.-C., Liu S.-K., Wang Y.-P., Wen Y.-S. Carbodicarbenes: Unexpected π -Accepting Ability during Reactivity with Small Molecules. *J. Am. Chem. Soc.*, 2017, vol. 139, pp. 12830–12836. DOI: 10.1021/jacs.7b08031.
3. Allen D.W., March L.A., Nowell I.W., Tebby J.C. The Chemistry of Heteroarylphosphorus Compounds, Part 16.+ An X-Ray Structural Study of (2-Thienyl)bis(2,2'-biphenylene)phosphorane. A Comparison with Related Methyl and Aryl bis(2,2'-biphenylene)-spiroposphoranes. *Z. Naturforsch. B. Chem. Sci.*, 1983, bd. 38, pp. 465–469. 0340-5087/83/0400-0465/\$ 01.00/0.
4. Barnes N.A., Godfrey S.M., Halton R.T.A., Law S., Prichard R.D. Form Formation of a Dicyano-triorganophosphorane from the Reaction of Triphenylphosphane with Phenylselenocyanate. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2006, vol. 45, pp. 1272–1275. DOI: 10.1002/anie.200503335.
5. Monkowius U., Mitzel N.W., Schier A., Schmidbaur H. 5-Organyl-5-phosphaspiro[4.4]nonanes: a Contribution to the Structural Chemistry of Spirocyclic Tetraalkylphosphonium Salts and Pentaalkylphosphoranes. *J. Am. Chem. Soc.*, 2002, vol. 124, pp. 6126–6132. DOI: 10.1021/ja012041g.
6. Ruiz J., Marquínez F., Riera V., Vivanco M., Garsia-Granda S., Diaz M.R. Diphosphanylketenimines: new Reagents for the Synthesis of Unique Phosphorus Heterocycles. *Chem.-Eur. J.*, 2002, vol. 8, pp. 3872–3878. DOI: 10.1002/1521-3765(20020902)8:17.
7. Muller G., Bildmann U.J. [Crystal and Molecular Structure of $\text{P}(\text{C}_6\text{H}_5)_5 \cdot 0.5\text{ THF}$]. *Z. Naturforsch. B. Chem. Sci.*, 2004, bd. 59, no. 11–12, pp. 1411–1414. DOI: 10.1515/znb-2004-11-1207.
8. Day R.O., Husebye S., Holmes R.R. [Molecular Structure of the Methyl and Phenyl Derivatives of Bis(2,2'-biphenylene)phosphorene]. *Inorg. Chem.*, 1980, vol. 19, pp. 3616–3622. DOI: 10.1021/ic50214a011.
9. Bestmann H.J., Oechsner H.P., Egerer-Sieber C., Kisielowski L., Hampel F. [A Facile Access to $1\lambda^5$, $3\lambda^5$ -Benzodiphospholes]. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 1995, vol. 34, pp. 2017–2020. DOI: 10.1002/anie.199520171.
10. Sharutin V.V., Bychkov V.T., Lebedev V.A., Bochkova R.I., Kuz'min Je.A [Thermolysis of Pentaphenylphosphorane in the Presence of Carbon Dioxide]. *J. of Gen. Chem.*, 1986, vol. 56, no. 2, pp. 325–328. (in Russ.)
11. Razuvaev G.A., Osanova N.A., Brilkina T.G., Zinovjeva T.I., Sharutin V.V. [Alkyloxy- and Silyloxy-derivatives of P^{V} and Sb^{V}]. *J. Organometal. Chem.*, 1975, vol. 99, pp. 93–106. DOI: org/10.1016/S0022-328X(00)8636.
12. Sharutin V.V., Senchurin V.S., Shaturina O.K., Boyarkina E.A. Tetraphenylphosphonium Carboxylates and Sulfonates. Synthesis and Structure. *Russ. J. Gen. Chem.*, 2009, vol. 79, pp. 78–87. DOI: org/10.1134/S1070363209010125].
13. Bruker (1998). SMART and SAINT-Plus. Versions 5.0. Data Collection and Processing Software for the SMART System. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA.
14. Bruker (1998). SHELXTL/PC. Versions 5.10. An Integrated System for Solving, Refining and Displaying Crystal Structures From Diffraction Data. Bruker AXS Inc., Madison, Wisconsin, USA.
15. Dolomanov O.V., Bourhis L.J., Gildea R.J., Howard J.A.K., Puschmann H. OLEX2: a Complete Structure Solution, Refinement and Analysis Program. *J. of Appl. Cryst.*, 2009, vol. 42, pp. 339–341. DOI: 10.1107/S0021889808042726.
16. Bellamy L. The Infra-red Spectra of Complex Molecules Inc.. New York, John Wiley & Sons, 1954. (Russian ed.: Akimova V.M., Pentina Yu.A., Teterina E.G. *Infra-krasnyye spektry slozhnykh molecules* [The Infra-red Spectra of Complex Molecules]. Moscow, Foreign Literature Publ., 1963, 590 p.)

Химия элементоорганических соединений

17. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Panova L.P., Bel'skiy V.K. [Sulfonates of Tetra- and Triarylantimony]. *J. of Gen. Chem.*, 1997, vol. 67, no. 9, pp. 1531–1535. (in Russ.)

18. Sharutin V.V., Sharutina O.K., Egorova I.V., Senchurin V.S., Zakharova A.N., Vel'skiy V.K. [Reactions of Pentaarylantimony with Triarylantimonium Diacylates]. *J. of Gen. Chem.*, 1999, vol. 69, no. 9, pp. 1470–1473. (in Russ.)

Received 5 March 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Шарутин, В.В. / Синтез и строение 2,4-динитробензолсульфоната тетрафенилфосфония / В.В. Шарутин, Н. Мукусева, А.В. Уржумова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». – 2018. – Т. 10, № 2. – С. 48–54. DOI: 10.14529/chem180206

FOR CITATION

Sharutin V.V., Mukusheva N., Urzhumova A.V. Synthesis and Structure of Tetraphenylphosphonium 2,4-Dinitrobenzenesulfonate. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry*. 2018, vol. 10, no. 2, pp. 48–54. (in Russ.). DOI: 10.14529/chem180206
