

Indirect Spectrophotometric Determination of Phosphorus Content in Steels and Alloys Based on Separation of 12-Tungstophosphate with Butyl Acetate and Absorption of Tungsten Phenylfluoronate

Mohammed E. A. Al-Shwaiyat^{*†‡}, Anna A. Gres[‡], Andriy B. Vishnikin^{*§}

[†] Department of Basic and Applied Science, Zarka University College, Al-Balqa Applied University, 19117, Al-Salt, Jordan; *e-mail: shwaiyat@gmail.com

[‡] Department of Analytical Chemistry, Chemical Faculty, Oles Honchar Dnipro National University, 72 Gagarin Av., Dnipro, 49010, Ukraine;

[§] Department of Analytical Chemistry, Institute of Chemistry, Faculty of Science, Pavol Jozef Šafárik University in Košice, 11 Moyzesova, 04001, Košice, Slovak Republic

Received: January 31, 2026; Accepted: July 30, 2026

DOI: 10.17721/moca.2026.38-47

A method for indirect extraction-spectrophotometric determination of phosphorus using the formation of 12-tungstophosphate (12-TPC) heteropoly complex has been developed. The conditions for the formation and extraction separation of the 12-TPC with butyl acetate were studied. 12-TPC is formed and extracted over a wide pH range — from 0.05 to 0.4 M (as H⁺)—at a tungstate concentration of 2 mM. After separation, tungsten in the composition of 12-TPC is determined by the absorption of its complex with phenylfluorone. The apparent molar absorption coefficient significantly exceeds the known methods and equals to $3.3 \times 10^5 \text{ mol}^{-1} \text{ L cm}^{-1}$ at 515 nm. Calibration range for phosphorus is from 3 to 30 $\mu\text{g L}^{-1}$ with LOD of $1.0 \mu\text{g L}^{-1}$ and correlation coefficient of 0.9998. The method is simple to implement, rapid, highly sensitive and has good reproducibility. The possibility of eliminating the interfering influence of a number of elements that may be present together with phosphorus in alloyed steels, namely chromium, nickel, vanadium, molybdenum, and tungsten, has been studied. A method for analyzing steel and other alloys containing these elements has been developed and verified by analyzing standard samples.

Keywords: spectrophotometry, phosphorus determination, analysis of steels, extraction

Непряме спектрофотометричне визначення вмісту фосфору в сталях і сплавах, яке ґрунтується на відділенні 12-вольфрамофосфату бутилацетатом і поглинанні фенілфлуоронату вольфраму

Мохамед Е. А. Аль-Швейят^{*†‡}, Анна Грес[‡], Андрій Вишнікін^{*§}

[†] Кафедра фундаментальних і прикладних наук, Університетський коледж м. Зарка, Прикладний університет Аль-Балка, вул. Аль-Солт, 30, 19117, Йорданія; *e-mail: shwaiyat@gmail.com

[‡] Кафедра аналітичної хімії, хімічний факультет, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, просп. Гагаріна, 72, 49010 Дніпро, Україна;

[§] Університет Павла Йозефа Шафарика в Кошицях, Мойжесова, 11, Кошиці, 04001, Словацька Республіка

Надійшла: 31 січня 2026 р.; Прийнята: 30 липня 2026 р.

DOI: 10.17721/moca.2026.38-47

Розроблено метод непрямого екстракційно-спектрофотометричного визначення фосфору з використанням утворення 12-вольфрамофосфорного гетерополікомплексу (12-ВФК). Досліджено умови утворення й екстракційного розділення 12-ВФК з бутилацетатом. 12-ВФК утворюється й екстрагується в широкому діапазоні значень рН — від 0,05 до 0,4 М (як Н⁺) — при концентрації вольфраму 2 мМ. Після відділення вольфрам у складі 12-ВФК визначається за поглинанням його комплексу з фенілфлуороном. Метод характеризується дуже низькою межею виявлення. Уявний молярний коефіцієнт світлопоглинання значно перевищує відомі методи і дорівнює $3,3 \times 10^5 \text{ моль}^{-1} \text{ л см}^{-1}$ при 515 нм. Діапазон концентрацій фосфору для градувального графіка становить від 3 до 30 мкг/л з LOD 1,0 мкг/л і коефіцієнтом кореляції 0,9998. Метод простий у виконанні, швидкий і має хорошу відтворюваність. Досліджено можливість усунення заважаючого впливу ряду елементів, які можуть бути присутніми разом із фосфором у легованих сталях, а саме: хрому, нікелю, ванадію, молібдену та вольфраму. Розроблено методику аналізу сталі та інших сплавів, що містять ці елементи, яку було перевірено з використанням аналізу стандартних зразків.

Keywords: спектрофотометрія, визначення вмісту фосфору, аналіз сталей, екстракція