

Road to IPhO

V-образный провод

К первым успехам теории магнитных явлений Ампера относится вычисление индукции \vec{B} магнитного поля, создаваемого проводником с электрическим током, и сравнение с проведенными ранее расчетами Био и Савара.

Интересным частным случаем является очень длинная проволока с постоянным током i , изогнутая в виде буквы V с углом раствора 2α (рис. 1). Согласно вычислениям Ампера, модуль магнитной индукции \vec{B} в точке P на оси V-образной проволоки на расстоянии d от вершины пропорционален $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$. Работа Ампера позже вошла в теорию электродинамики Максвелла и является общепризнанной.

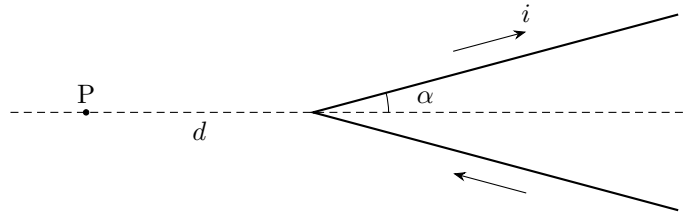


Рис. 1

A1 Найдите направление магнитной индукции \vec{B} в точке P. **1.0**

A2 Зная, что модуль магнитной индукции пропорционален $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$, т.е. $B(P) = k \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$, вычислите коэффициент пропорциональности k . **1.5**

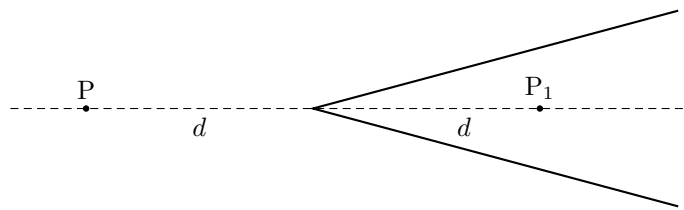


Рис. 2

A3 Определите модуль магнитной индукции \vec{B} в точке P₁, симметричной точке P относительно вершины, т.е. на оси проволоки, и на том же расстоянии d от вершины, но внутри контура (рис. 2). **2.0**

A4 Вычислите как функцию B период малых колебаний помещенной в точку P магнитной стрелки, если стрелка имеет момент инерции I магнитный дипольный момент \vec{p} . Стрелка колеблется в той же плоскости, в которой лежит вектор индукции \vec{B} . **2.5**

При тех же условиях, что и у Ампера, Био и Савар предполагали, что модуль магнитной индукции B в точке P определяется выражением (используем современную запись) $B(P) = \frac{i\mu_0\alpha}{\pi^2 d}$, где μ_0 — магнитная постоянная. Они попытались с помощью эксперимента проверить справедливость соответствующих предположений (Ампера и своих), измеряя период колебаний магнитной стрелки как функцию угла α . Однако для некоторых значений α разница результатов столь мала, что ее трудно измерить.

A5 Установите приближенно, какой интервал углов α следует выбрать, чтобы обнаружить различие между двумя предсказаниями для периода T колебаний магнитной стрелки в точке P, которое в их значениях составляло не менее 10%, а именно $T_1 > 1.10T_2$, (где T_1 соответствует предположению Ампера, а T_2 — предположению Био и Савара). **3.0**

Примечание: В зависимости от выбранного способа решения задачи может быть полезной формула:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\sin \alpha}{1 + \cos \alpha}.$$