

рения $\Delta R/R$ как функции H при давлении 8000 кг/см^2 . На основании полученных изотерм строились кривые $\Delta R/R = f(T)$, характеризующие температурную зависимость гальваномагнитного эффекта, и по смещению минимума этих кривых определялось изменение температуры Кюри с давлением. На рис. 2 приведены зависимости $\Delta R/R$ от T для разных значений напряженности магнитного поля, измеренные при атмосферном давлении (пунктирная кривая) и давлении 8000 кг/см^2 . Из приведенных графиков видно, что всестороннее сжатие приводит к уменьшению температуры Кюри.

Необходимо отметить, что результаты измерений гальваномагнитного эффекта при высоких давлениях хорошо укладываются в характерные зависимости четных эффектов, относящихся к области парапроцесса. На рис. 3 в качестве примера представлено сопоставление зависимости $\Delta R/R = aH^{2/3}$ при атмосферном давлении (кривая 1) и при $P = 8000 \text{ кг/см}^2$ (кривая 2). Учитывая сильную зависимость гальваномагнитного эффекта от температуры, величины $\Delta R/R$ даны для одинаковых значений приведенных температур $T/\Theta_f = 0,995$. Как видно из графиков, в обоих случаях имеет место линейная зависимость

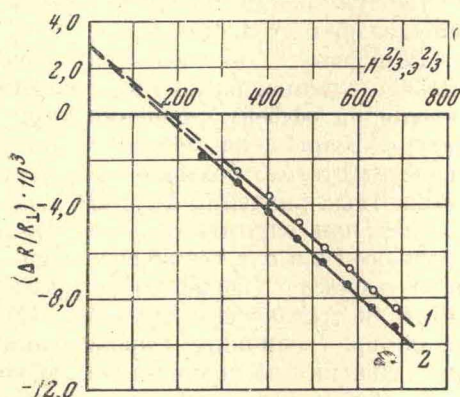


Рис. 3

Рис. 3. Зависимость $\Delta R/R$ от $H^{2/3}$: кривая 1 — при атмосферном давлении, кривая 2 — при $P = 8000 \text{ кг/см}^2$

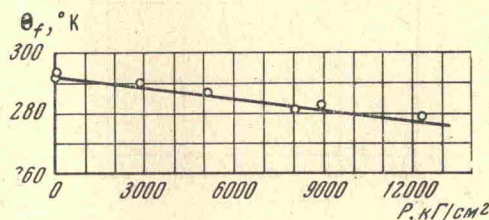


Рис. 4

Рис. 4. Смещение точки Кюри MnP с гидростатическим давлением

$\Delta R/R$ от $H^{2/3}$; наклон прямых, характеризующий интенсивность парапроцесса, с ростом давления увеличивается, а величина спонтанного гальваномагнитного эффекта ($\Delta R/R$ при $H = 0$) остается при этом неизменной. Отсюда можно полагать, что всестороннее сжатие (в интервале используемых нами давлений) не приводит к заметным изменениям спонтанной намагниченности MnP и изменение магнитных свойств этого соединения под давлением, в основном, определяется смещением точки Кюри. Увеличение интенсивности парапроцесса при всестороннем сжатии является вполне естественным следствием отрицательного эффекта $d\Theta_f/dP$.

На рис. 4 показано изменение температуры Кюри в зависимости от давления, откуда видно, что Θ_f линейно падает с ростом давления:

$$d\Theta_f/dP = -(1,14 \pm 0,07) \cdot 10^{-3} \text{ град} \cdot \text{см}^2 / \text{кг}.$$

Измерив сжимаемость MnP: $\kappa = (1,58 \pm 0,04) \cdot 10^{-12} \text{ см}^2/\text{дн}$, можно было определить относительное изменение температуры Кюри с объемом, оказавшееся равным $\Theta_f^{-1} d\Theta_f/dV = 2,5$.

Для того чтобы проверить измеренное значение $d\Theta_f/dP$, была исследована аномалия теплового расширения $\Delta\alpha$ у MnP в области температуры Кюри. Это дало возможность с помощью соотношения Эренфеста $d\Theta_f/dP = V\Theta_f\Delta\alpha/\Delta C_p$ определить $d\Theta_f/dP$ независимым путем. Тепловое расши-

рение MnP исследовалось тензометрическим методом. На рис. 5 приведена кривая температурной зависимости относительного удлинения $\Delta L/L$, по которой методом графического дифференцирования вычислялись значения коэффициента теплового расширения $\alpha = \Delta L/L_0 \Delta T$. Подставив в формулу Эренфеста полученную величину $\Delta\alpha_v = -2,2 \cdot 10^{-5} \text{ град}^{-1}$ и данные Красовского и Факидова [7] по изменению удельной теплоемкости при магнитном переходе $\Delta C_p = 2,15 \text{ кал/град} \cdot \text{моль}$, получили ¹⁾ $d\Theta_f/dP = 1,05 \cdot 10^{-3} \text{ град} \cdot \text{см}^2/\text{кг}$, что согласуется в пределах ошибок измерений со значением $d\Theta_f/dP$, определенным на основании прямых измерений смещения Θ_f под давлением.

3. При сопоставлении результатов наших опытов, проведенных при всестороннем гидростатическом сжатии поликристаллических образцов,

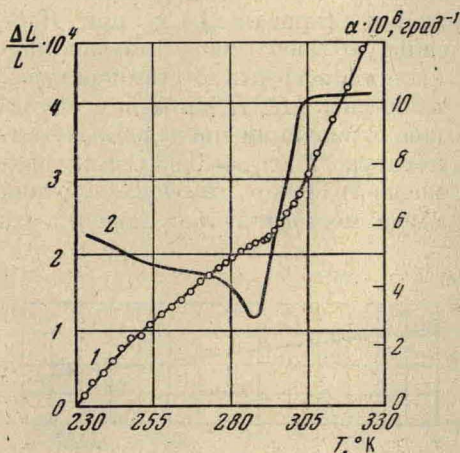


Рис. 5. Температурные зависимости относительного удлинения $\Delta L/L$ (кривая 1) и коэффициента термического расширения α (кривая 2)

с результатами исследования одноосного сжатия монокристаллов MnP [5] наиболее существенным и, с нашей точки зрения, являются следующие два обстоятельства.

Во-первых, наблюдается очень сильное влияние различных условий сжатия на эффект смещения температуры Кюри с давлением. Об этом свидетельствует большое различие абсолютных значений $d\Theta_f/dP$, полученных при сжатии монокристалла вдоль осей a и c , а также совершенно иной характер зависимости $\Theta_f(P)$ при гидростатическом давлении. Так, например, величины производных при сжатии монокристалла вдоль осей a и c соответственно равны: $d\Theta_f/dP_a \approx 34 \cdot 10^{-3} \text{ град/атм}$ и $d\Theta_f/dP_c \approx 1 \cdot 10^{-3} \text{ град/атм}$, т. е. отличаются на порядок, а при гидростатическом давлении производная $d\Theta_f/dP$ имеет отрицательный знак.

Очевидно, что причиной такого расхождения является пластическая деформация образца, возникающая при одноосном сжатии.

Во-вторых, смещение температуры T_s перехода антиферромагнетизм \rightleftharpoons ферромагнетизм под давлением определяется только изменением межатомных расстояний, так как изменение температуры инверсии обмена dT_s/dP имеет практически одно и то же значение при сжатии монокристалла вдоль различных кристаллографических направлений: $dT_s/dP_a \approx 6 \cdot 10^{-3} \text{ град/атм}$ и $dT_s/dP_c \approx 5 \cdot 10^{-3} \text{ град/атм}$. В связи с этим можно ожидать, что при гидростатическом сжатии знак эффекта dT_s/dP и его величина будут близки к полученным в [5].

Исходя из имеющихся опытных данных, рассмотрим изменения обменных взаимодействий MnP, вызванные уменьшением межатомных расстояний. Учитывая геликоидальную магнитную структуру MnP при низких температурах, изменение Θ_f и T_s с давлением можно объяснить следующим образом. Если считать, что величина Θ_f определяется наибольшим из существующих в этом кристалле обменных взаимодействий, то уменьшение расстояний между атомами марганца, лежащими в ферромагнитно упо-

¹⁾ При вычислении молярного объема V плотность MnP, согласно рентгенографическим данным [8], принималась равной $5,77 \text{ г/см}^3$.