1 Формулы

$$A_x = l_1 \cdot \cos(\phi) \tag{1}$$

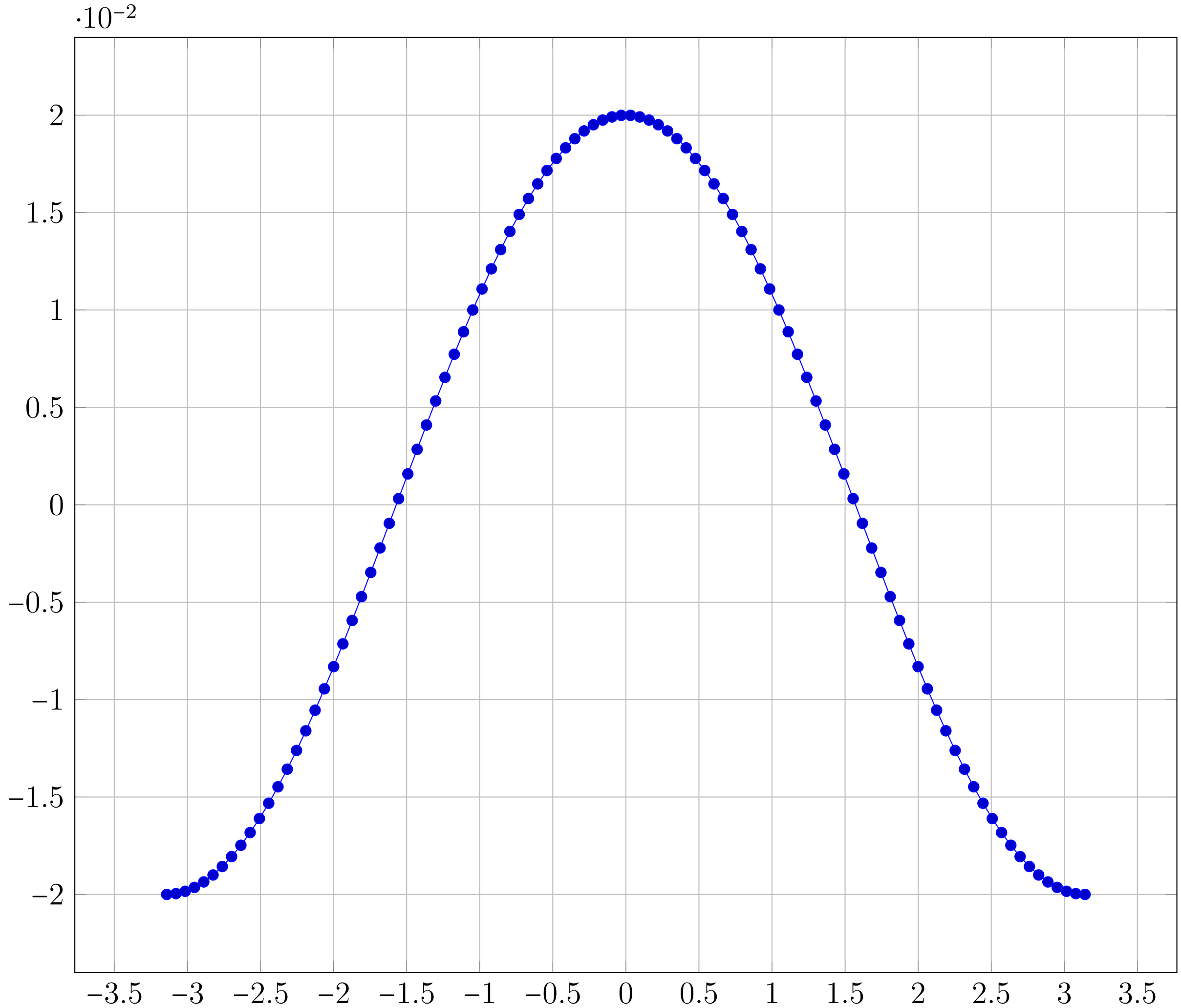

Рисунок 1. График зависимости координаты x точки A от угла ϕ

$$A_y = l_1 \cdot \sin(\phi) \tag{2}$$

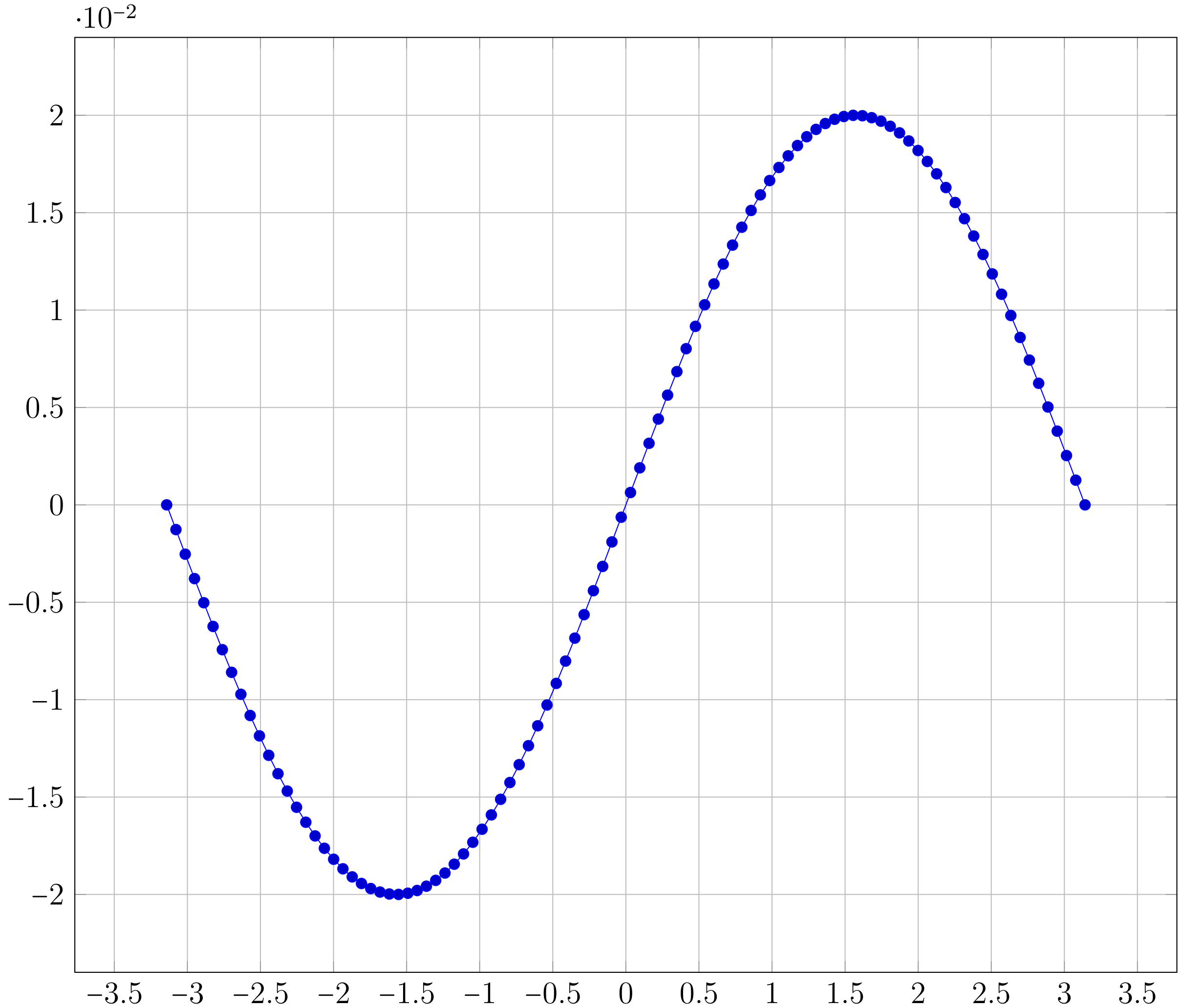

Рисунок 2. График зависимости координаты y точки A от угла ϕ

$$B_x = l_1 \cdot \cos(\phi_n) + \sqrt{l_2^2 - (l_1 \cdot \sin(\phi_n) - e_1)^2} = \frac{-1 + \sqrt{3}}{50} \approx 0.014641 \qquad (3)$$

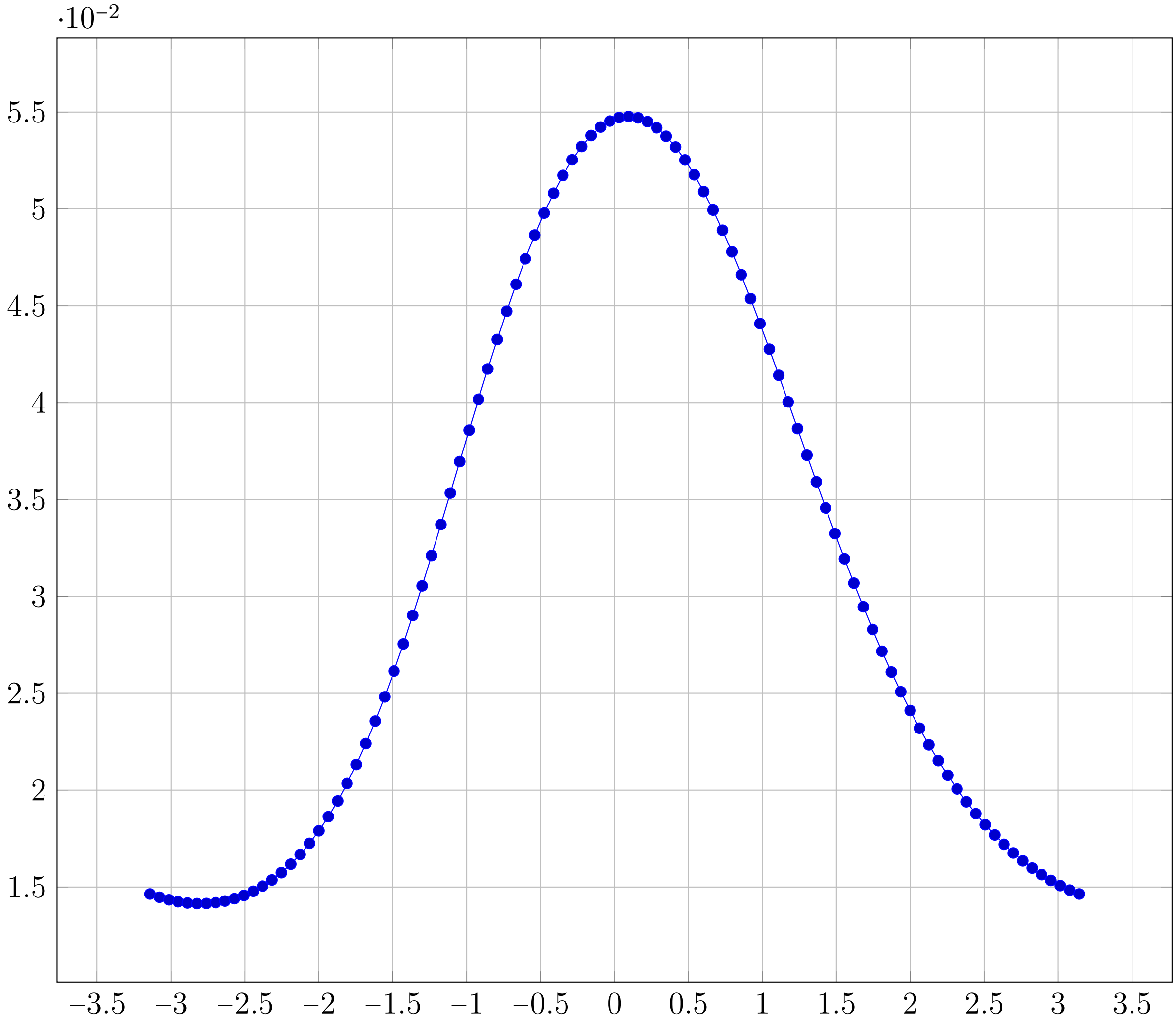

Рисунок 3. График зависимости координаты x точки B от угла ϕ

$$B_y = e_1 = 0.005 \tag{4}$$

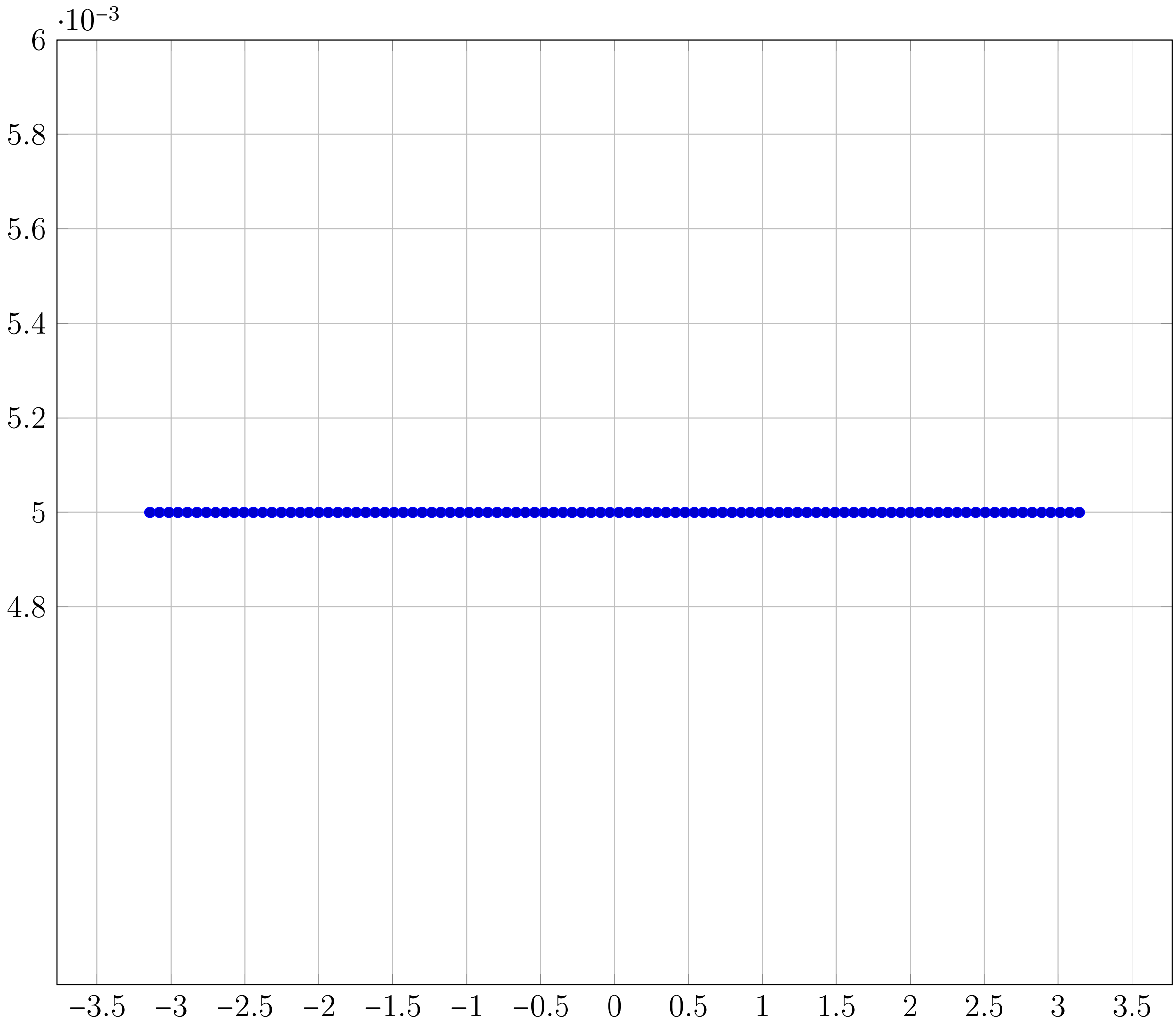

Рисунок 4. График зависимости координаты y точки B от угла ϕ

$$OA_x = \frac{l_1 \cdot \cos(\phi)}{2} \tag{5}$$

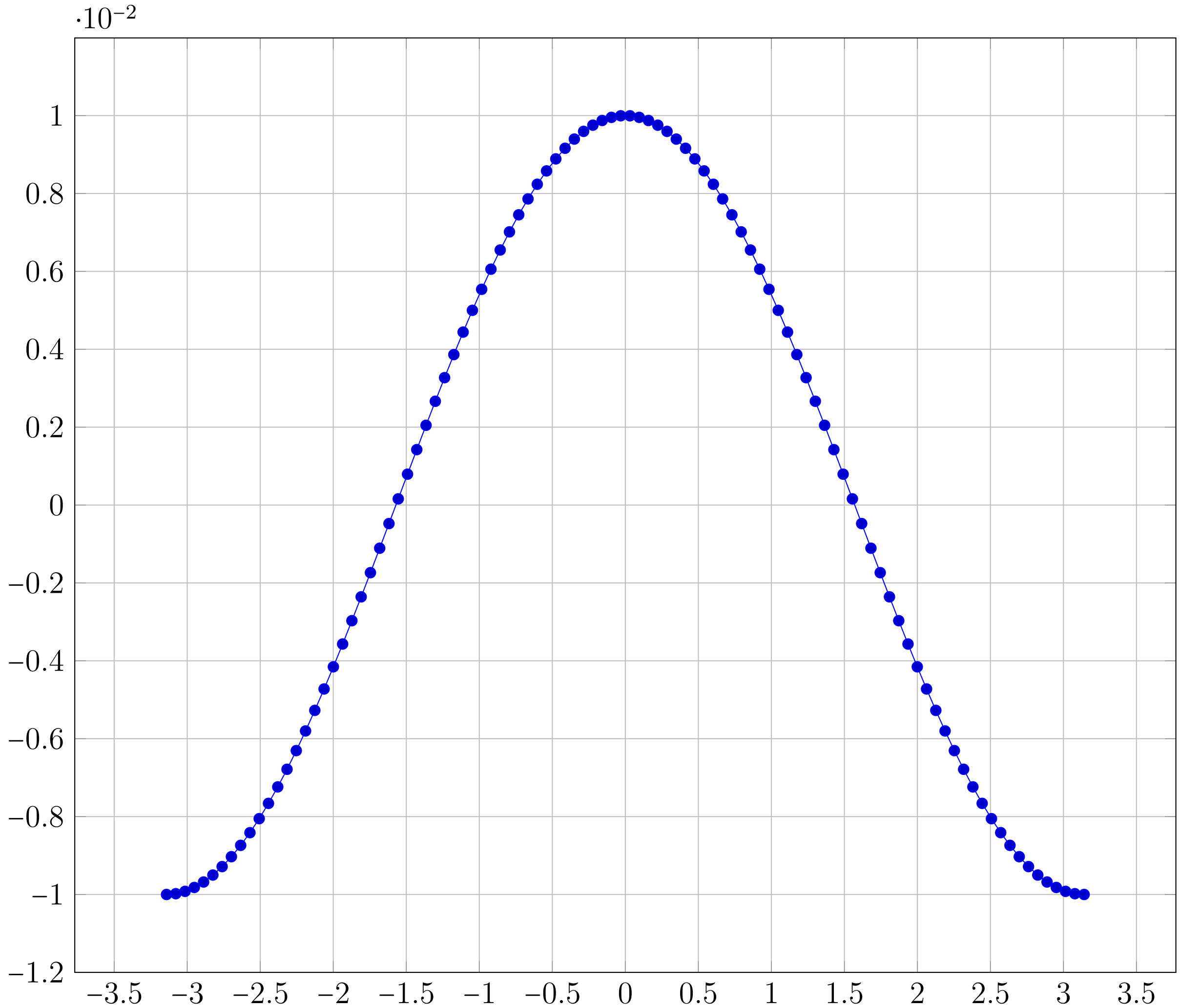

Рисунок 5. График зависимости координаты x отрезка OA от угла ϕ

$$OA_y = \frac{l_1 \cdot \sin(\phi)}{2} \quad (6)$$

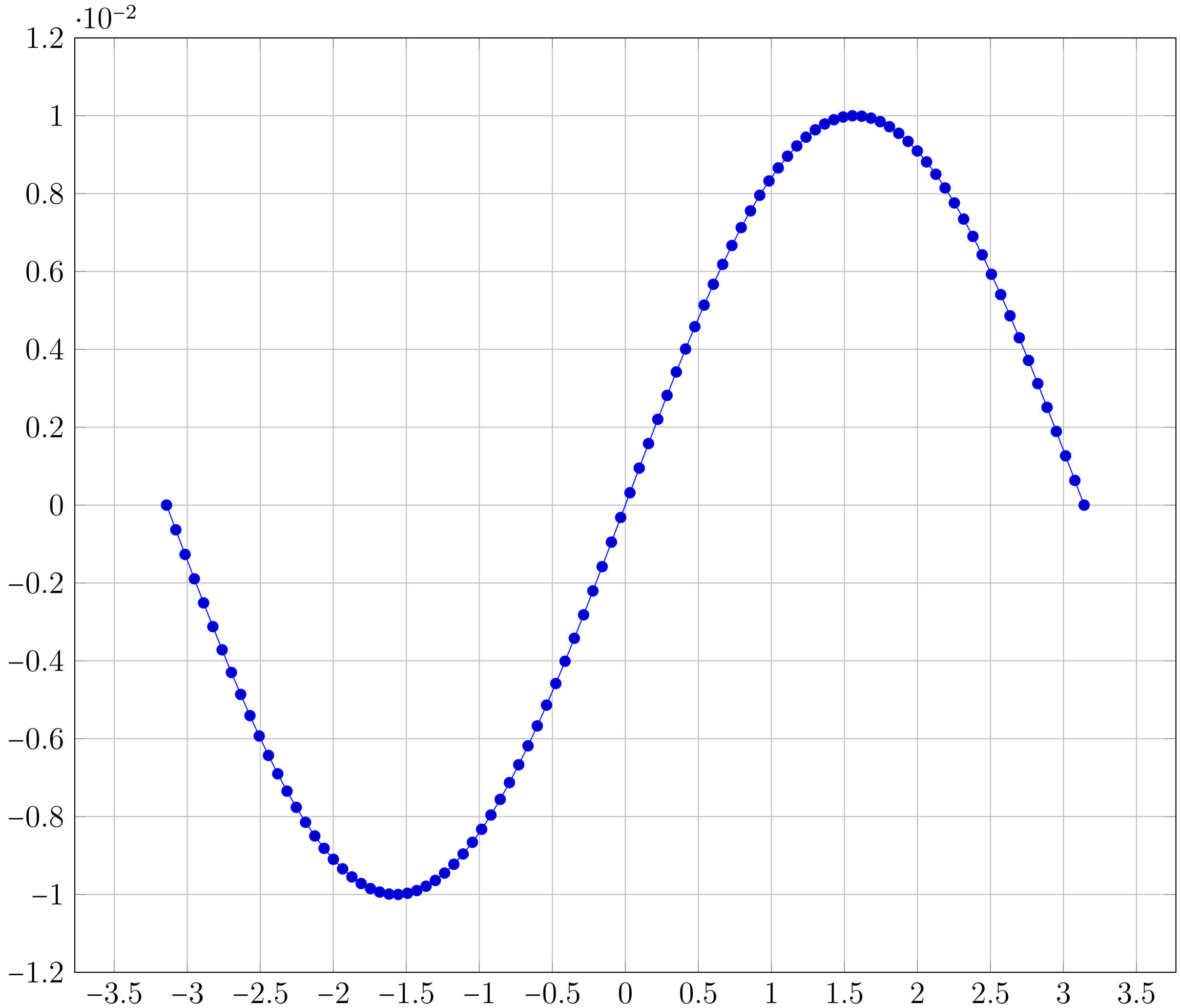

Рисунок 6. График зависимости координаты y отрезка OA от угла ϕ

$$AB_x = \frac{\sqrt{l_2^2 - (l_1 \cdot \sin(\phi) - e_1)^2}}{2 + l_1 \cdot \cos(\phi)} \tag{7}$$

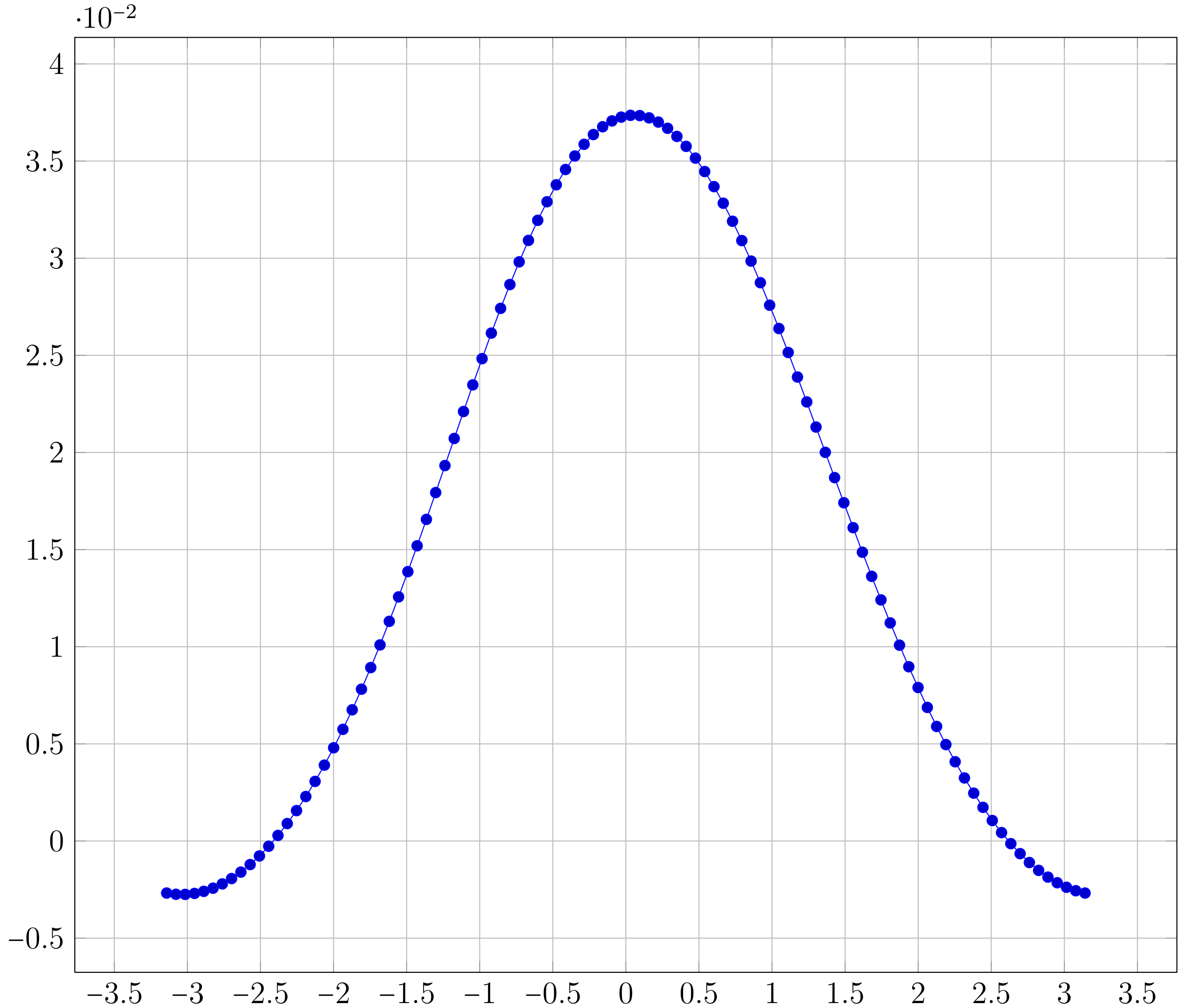

Рисунок 7. График зависимости координаты x отрезка AB от угла ϕ

$$AB_y = \frac{l_1 \cdot \sin(\phi)}{2} \tag{8}$$

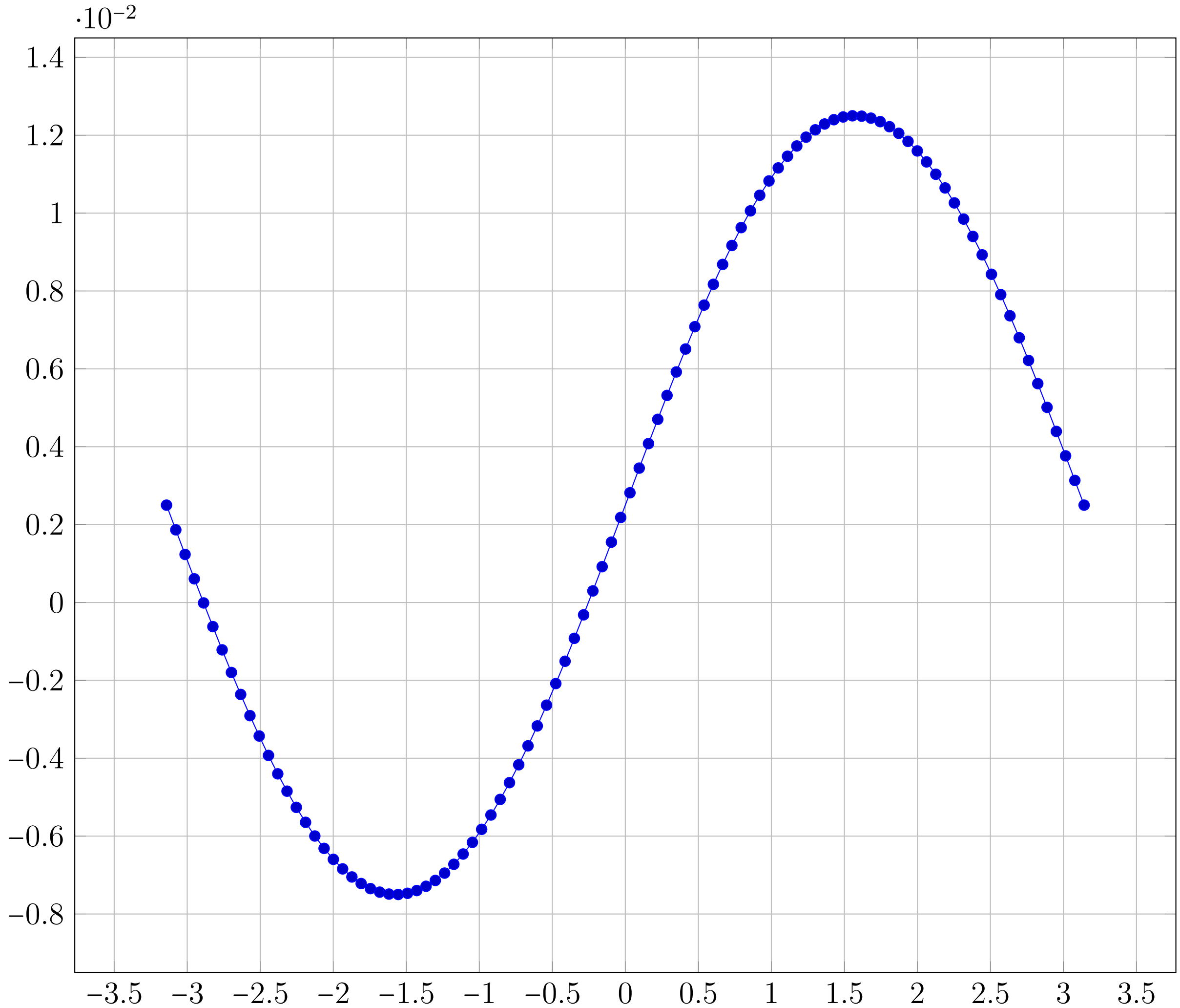

Рисунок 8. График зависимости координаты y отрезка AB от угла ϕ

diff

$$A'_x = -l1 \cdot \sin(\phi) \tag{9}$$

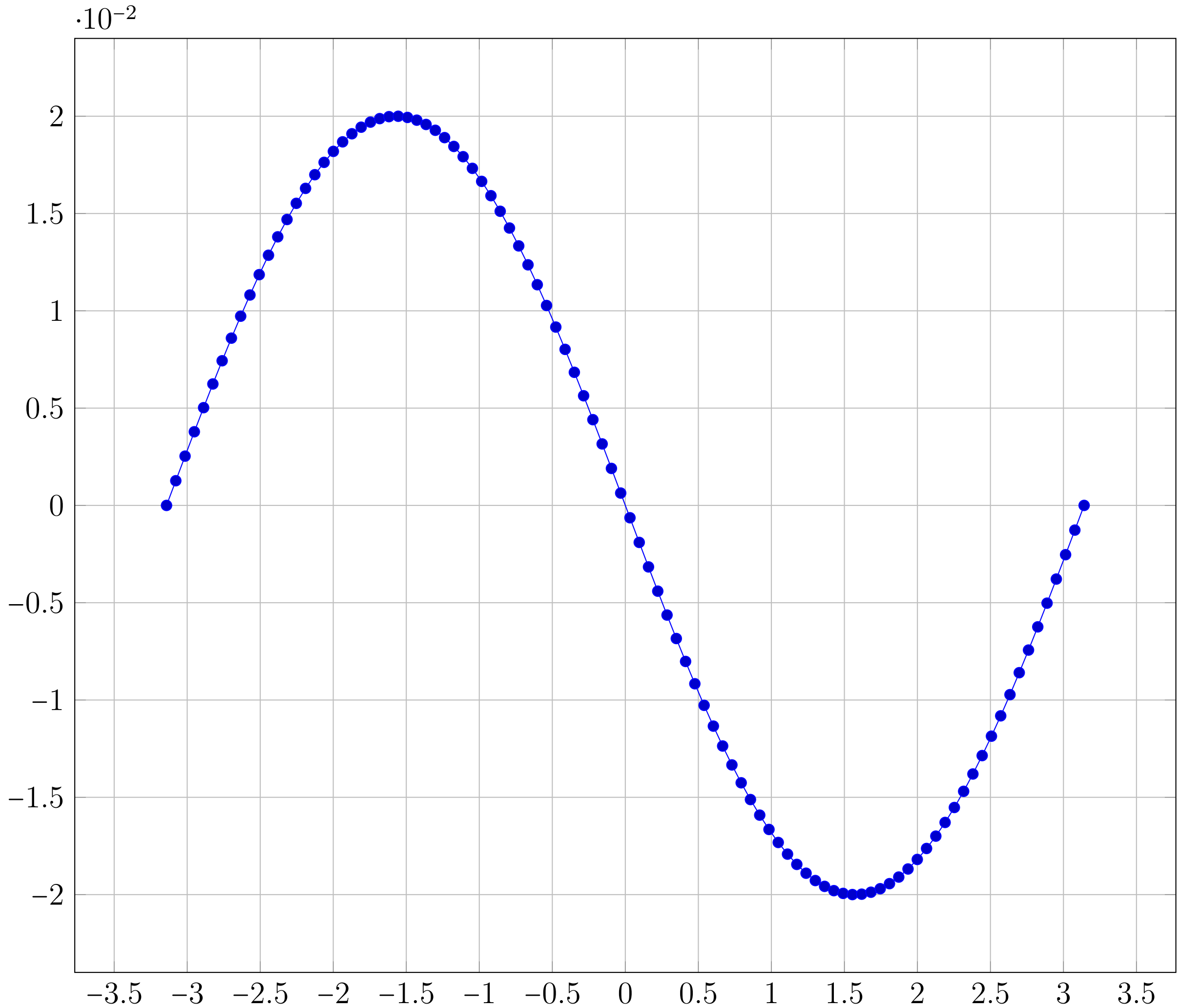

Рисунок 9. График зависимости производной координаты x точки A от угла ϕ

$$A'_y = l1 \cdot \cos(\phi) \tag{10}$$

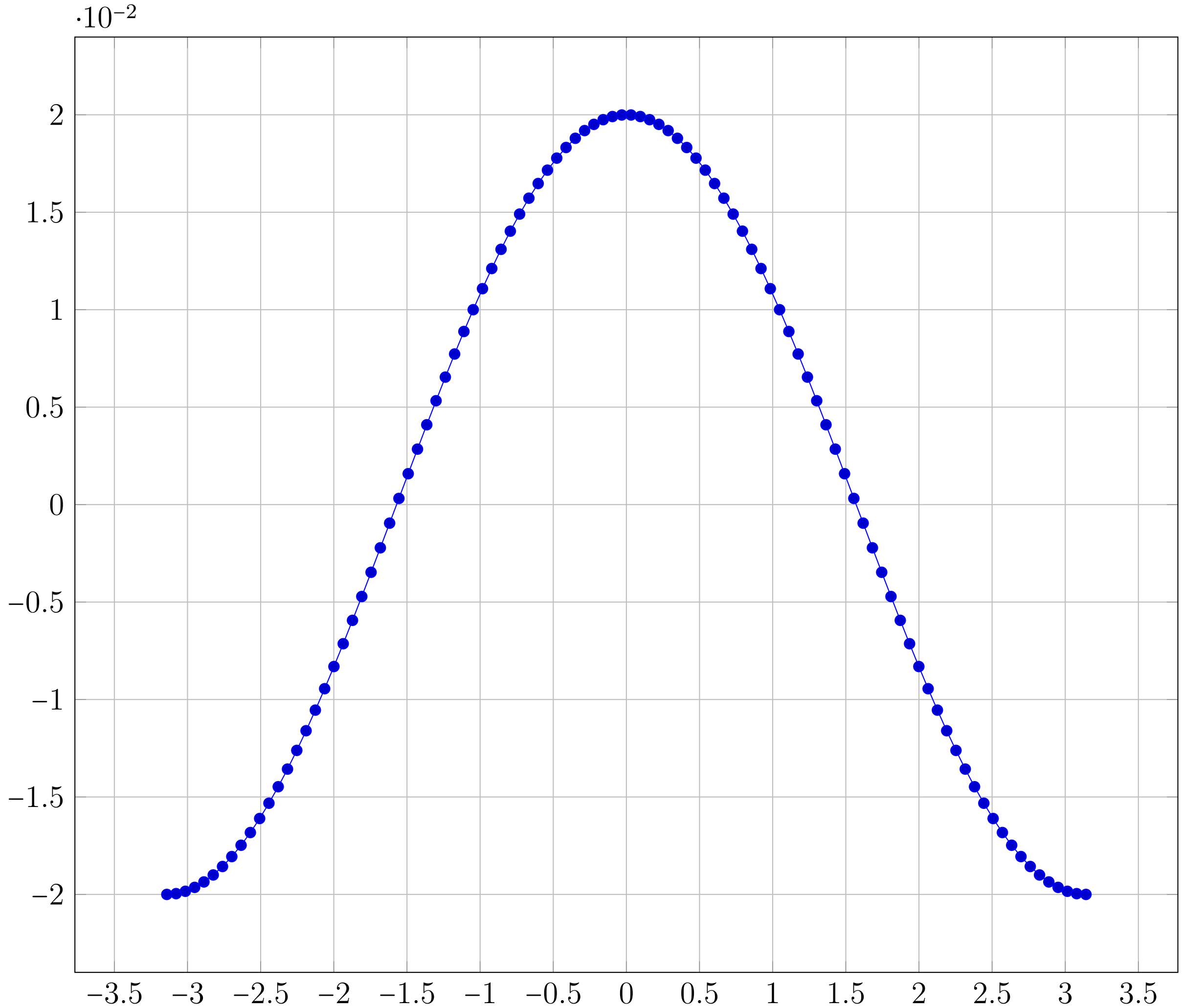

Рисунок 10. График зависимости производной координаты y точки A от угла ϕ

$$B_x' = \frac{-l_1 \cdot \cos(\phi)(l_1 \cdot \sin(\phi) - e_1)}{\sqrt{l_2^2 - (l_1 \cdot \sin(\phi) - e_1)^2}} - l_1 \cdot \sin(\phi) \tag{11}$$

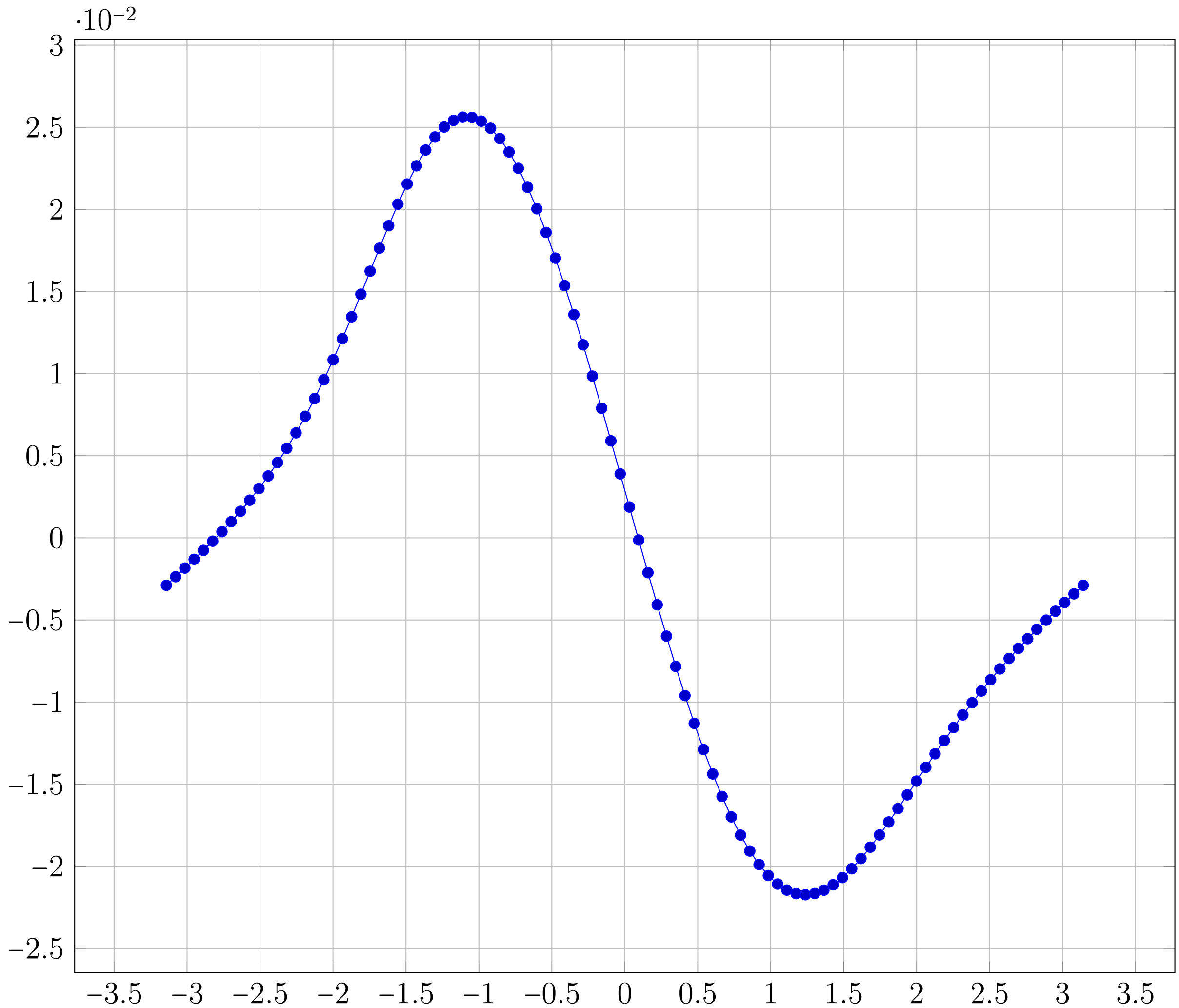

Рисунок 11. График зависимости производной координаты x точки B от угла ϕ

$$B'_y = 0 \tag{12}$$

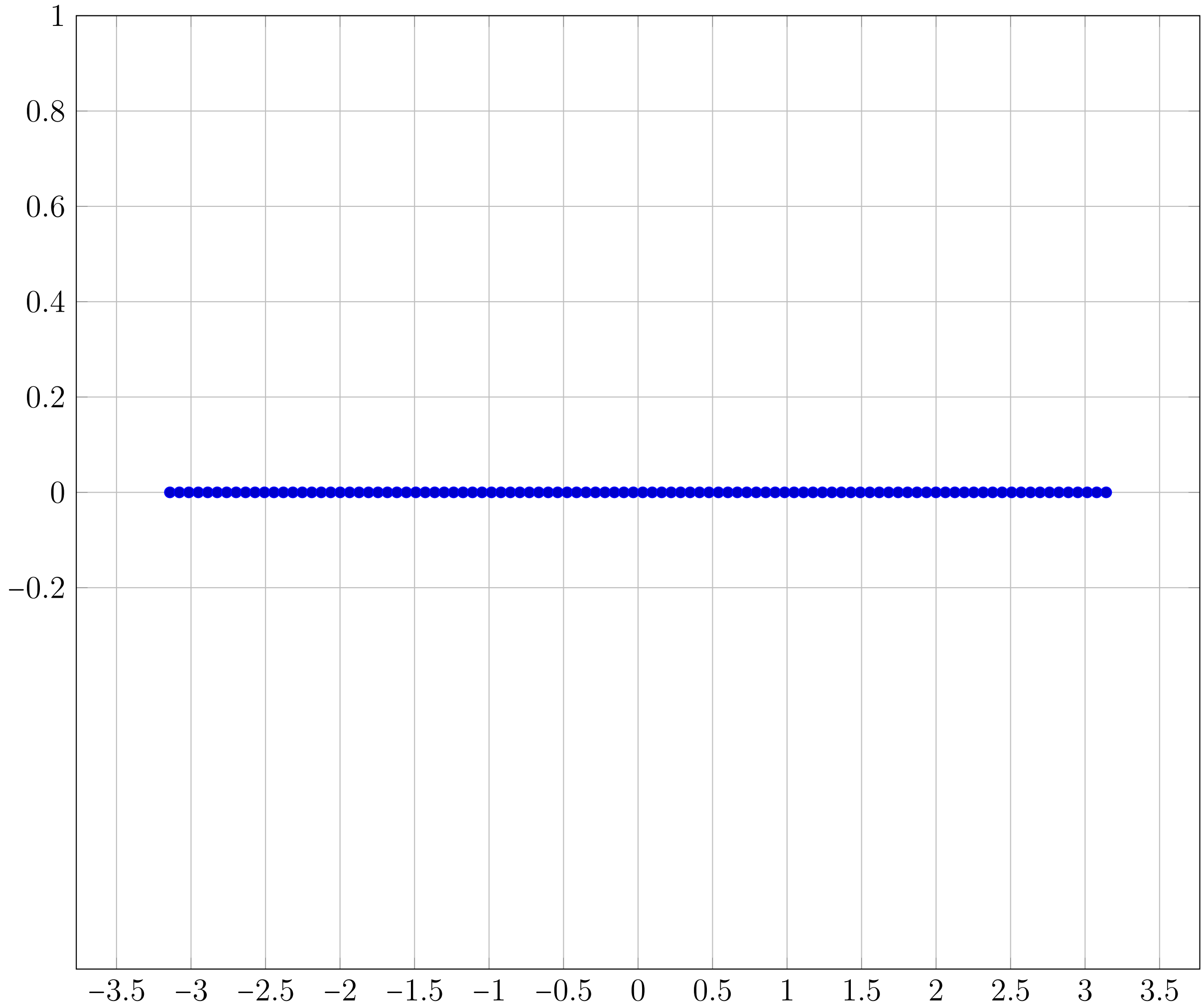

Рисунок 12. График зависимости производной координаты y точки B от угла ϕ

$$OA'_x = \frac{-l_1 \cdot \sin(\phi)}{2} \tag{13}$$

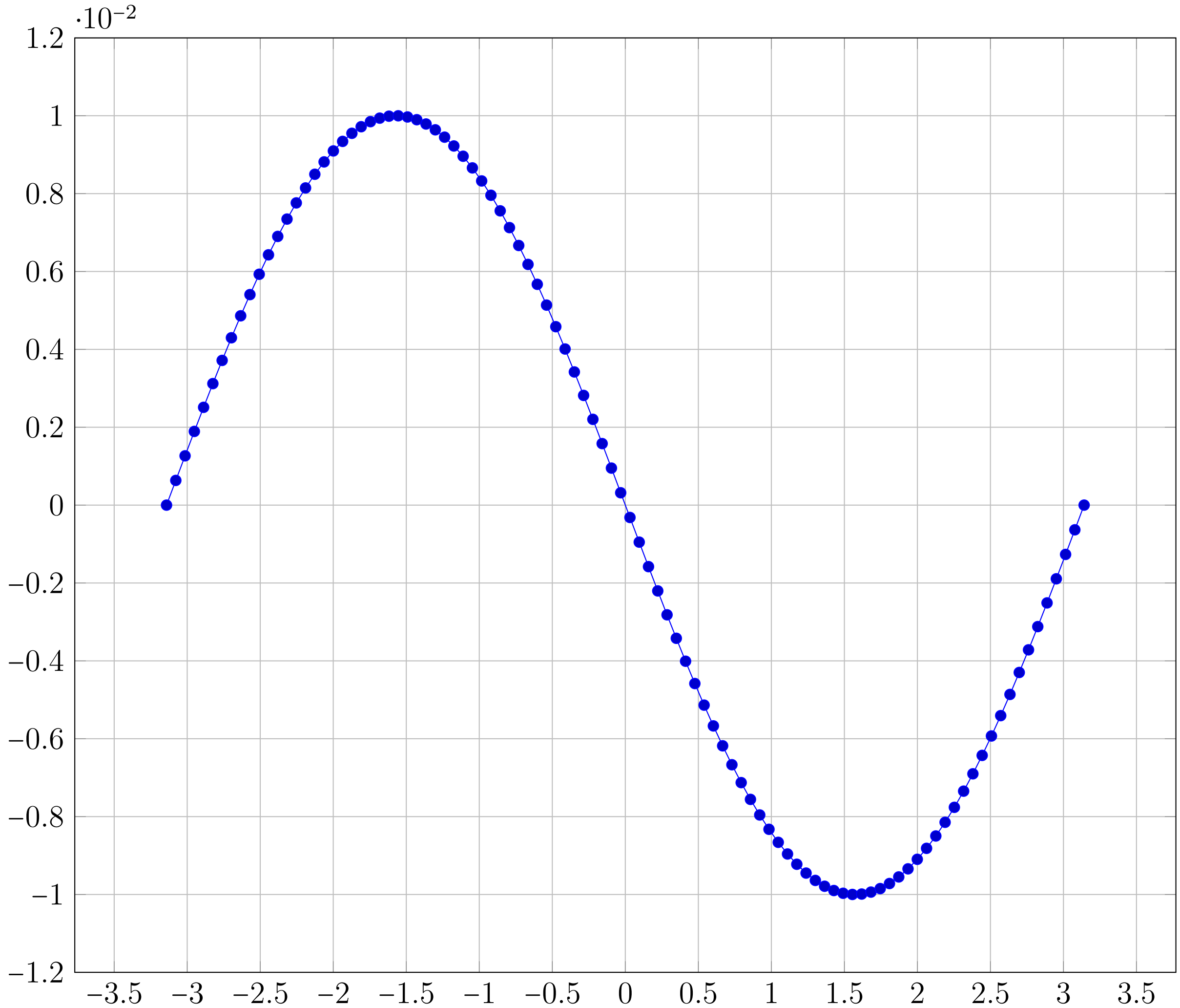

Рисунок 13. График зависимости производной координаты x отрезка OA от угла ϕ

$$OA'_y = \frac{l_1 \cdot \cos(\phi)}{2} \tag{14}$$

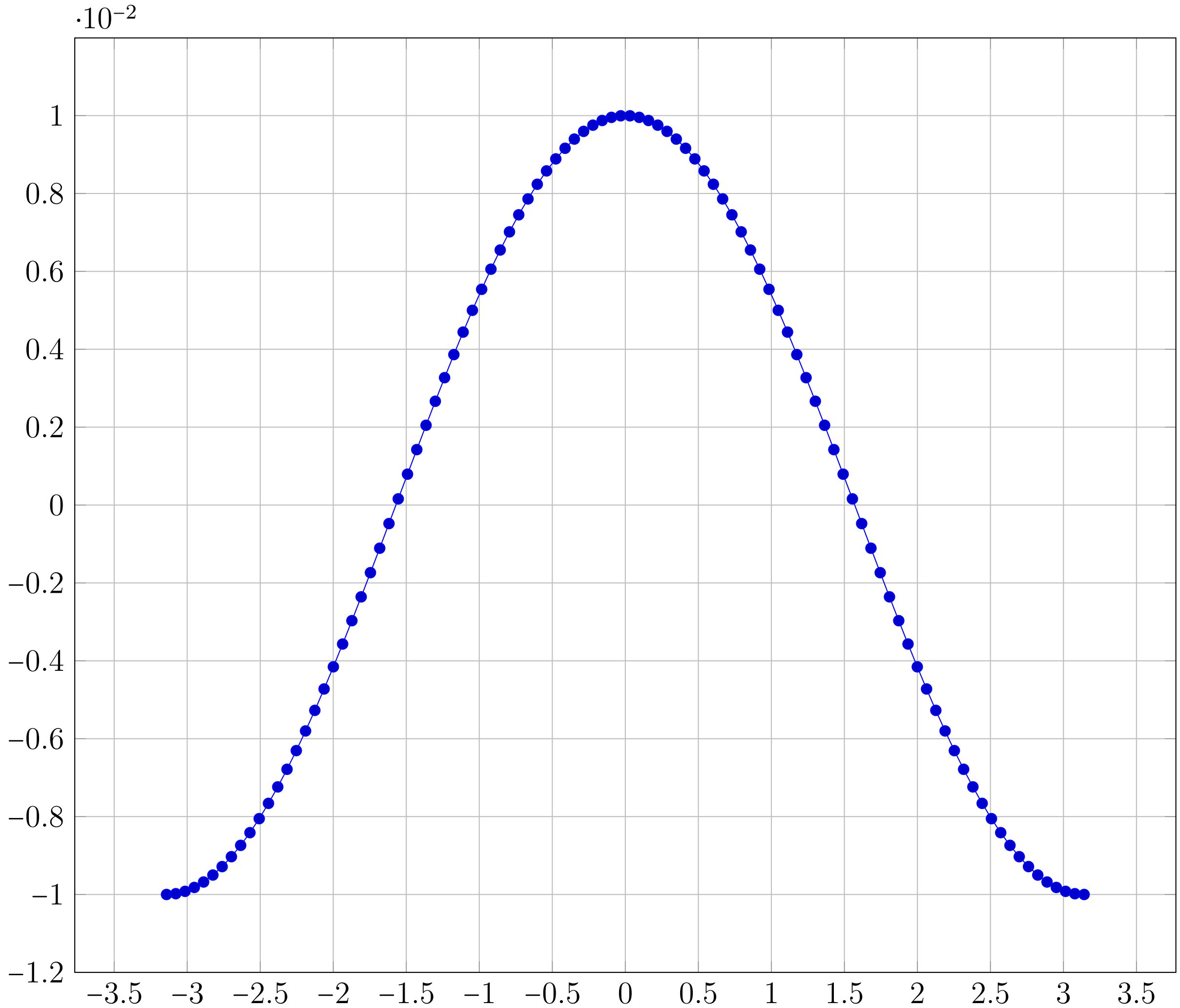

Рисунок 14. График зависимости производной координаты y отрезка OA от угла ϕ

$$AB'_x = \frac{-l_1 \cdot \cos(\phi) \cdot (l_1 \cdot \sin(\phi) - e_1)}{2\sqrt{l_2^2 - (l_1 \sin(\phi) - e_1)^2}} - l_1 \sin(\phi) \tag{15}$$

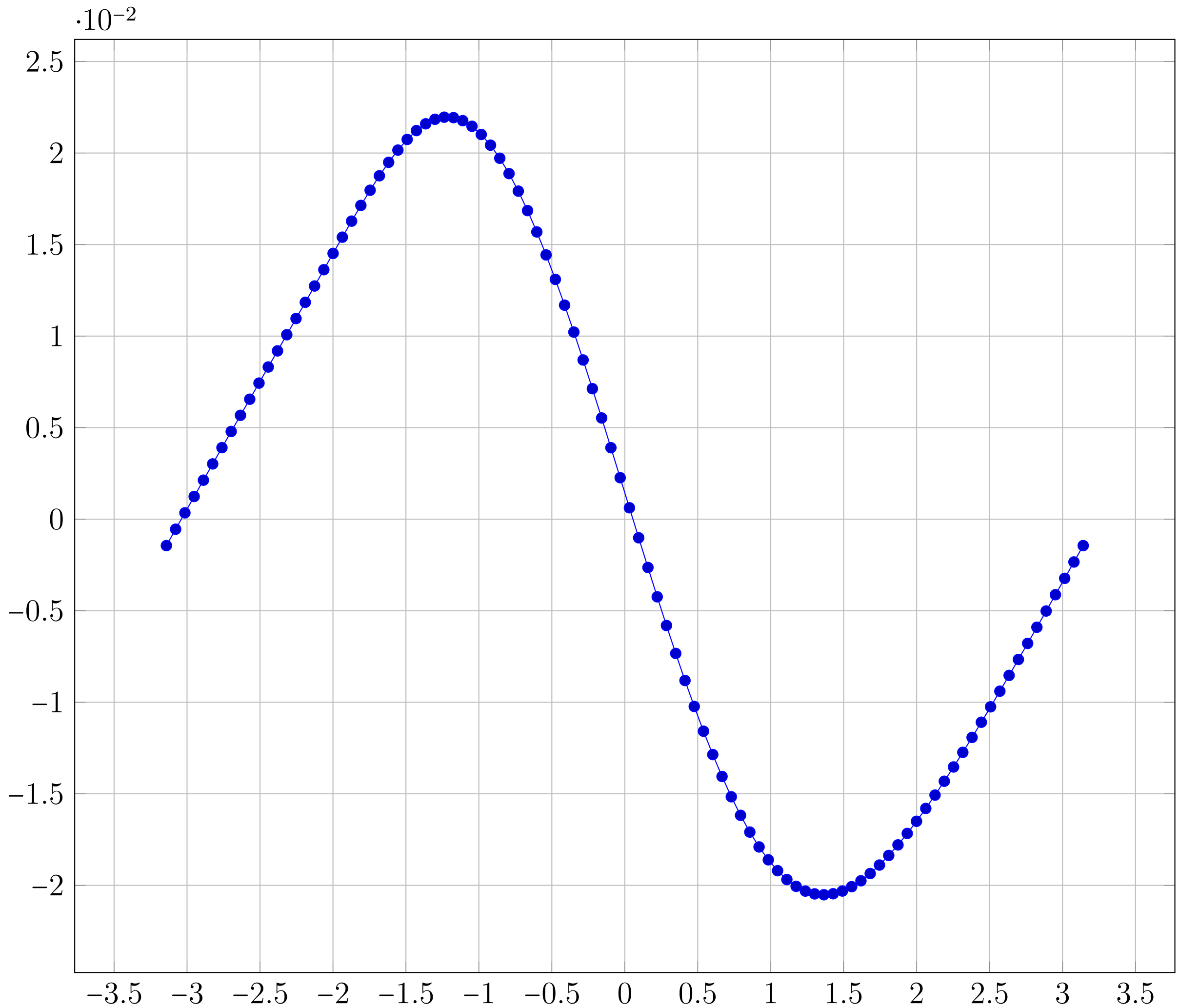

Рисунок 15. График зависимости производной координаты x отрезка AB от угла ϕ

$$AB'_y = \frac{l_1 \cdot \cos(\phi)}{2} \tag{16}$$

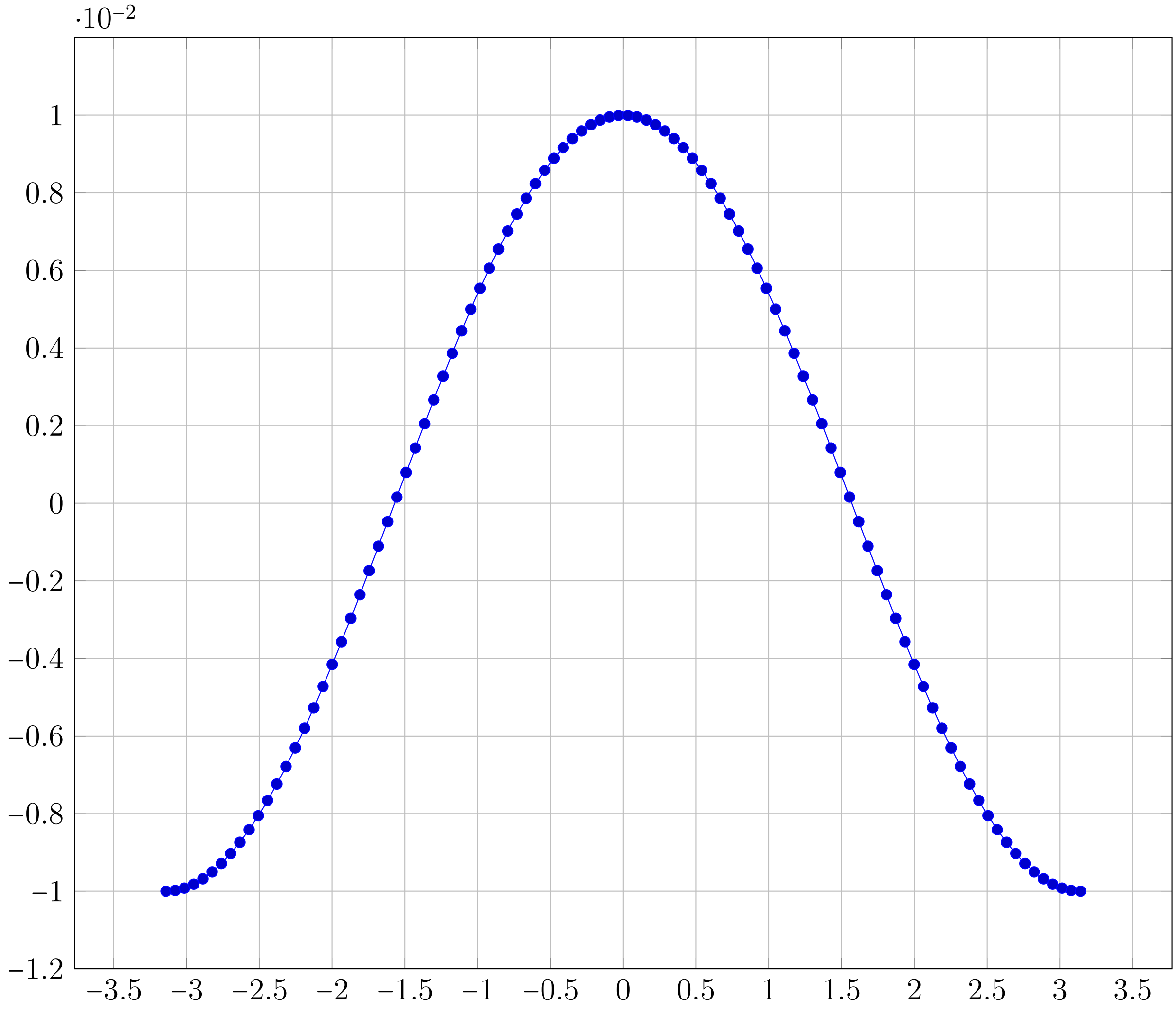

Рисунок 16. График зависимости производной координаты y отрезка AB от угла ϕ

diff2

$$A''_x = -l_1 \cdot \cos(\phi) \tag{17}$$

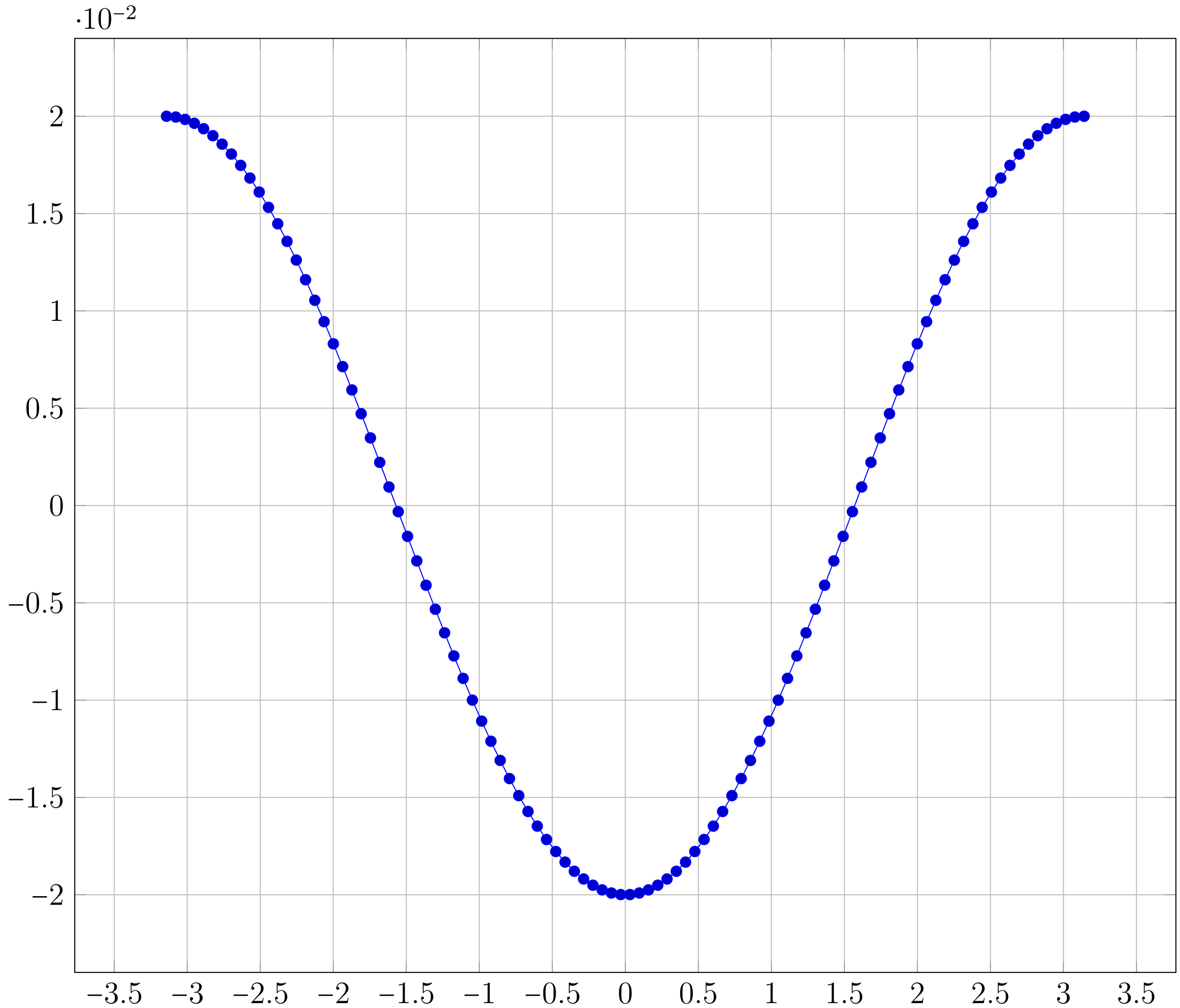

Рисунок 17. График зависимости второй производной координаты x точки A от угла ϕ

$$A_y'' = -l_1 \cdot \sin(\phi) \tag{18}$$

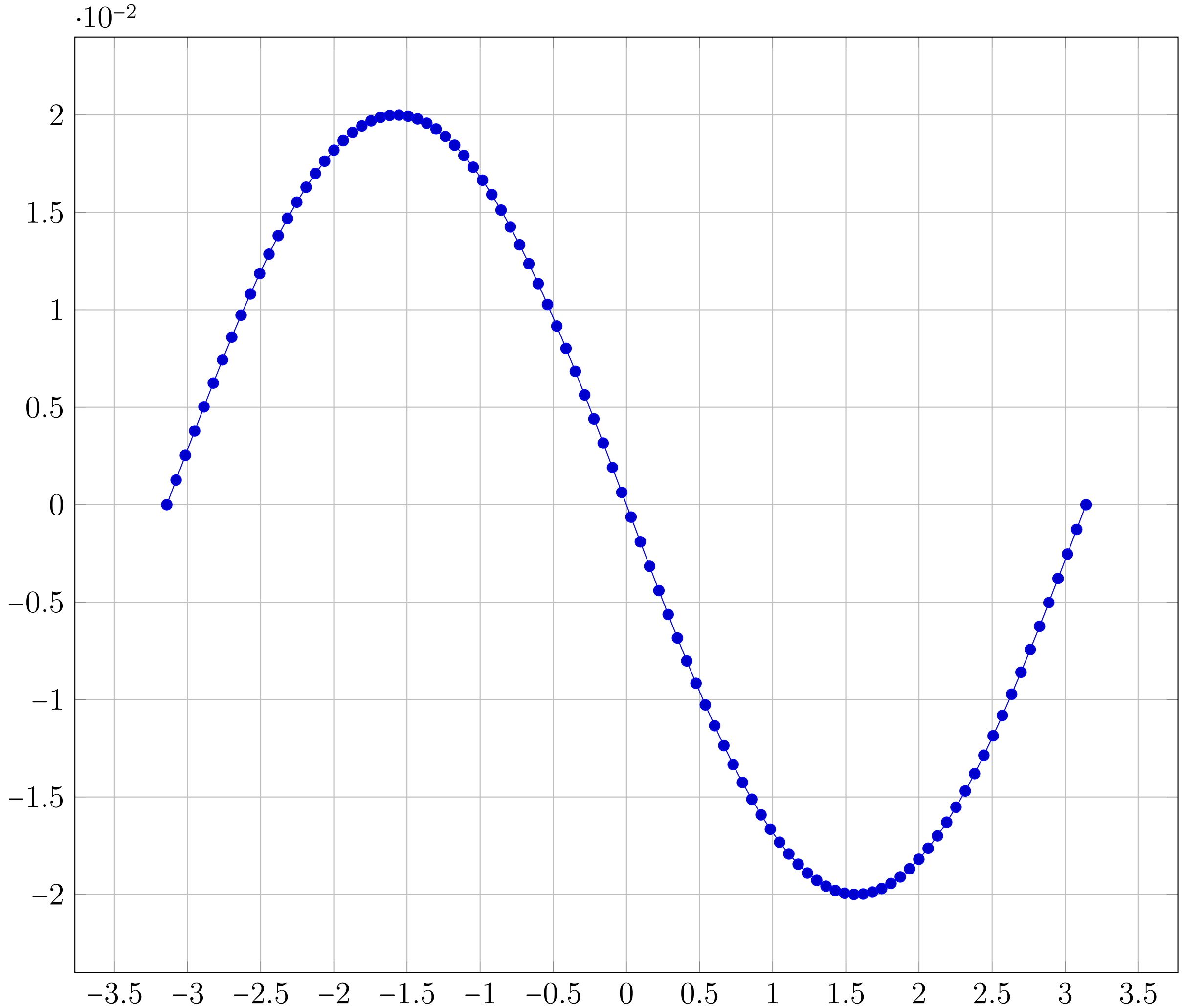

Рисунок 18. График зависимости второй производной координаты y точки A от угла ϕ

$$B''_x = \frac{-l_1 \cdot (l_1 \cdot \cos(\phi)^2 - \sin(\phi) \cdot (l_1 \cdot \sin(\phi) - e_1)) \cdot \sqrt{l_2^2 - (l_1 \cdot \sin(\phi) - e_1)^2}}{} + \\ + \frac{\frac{l_1 \cdot \cos(\phi)^2 \cdot (l_1 \cdot \sin(\phi) - e_1)^2}{\sqrt{l_2^2 - (l_1 \cdot \sin(\phi) - e_1)^2}}}{l_2^2 - (l_1 \cdot \sin(\phi) - e_1)^2} - l_1 \cdot \cos(\phi) \tag{19}$$

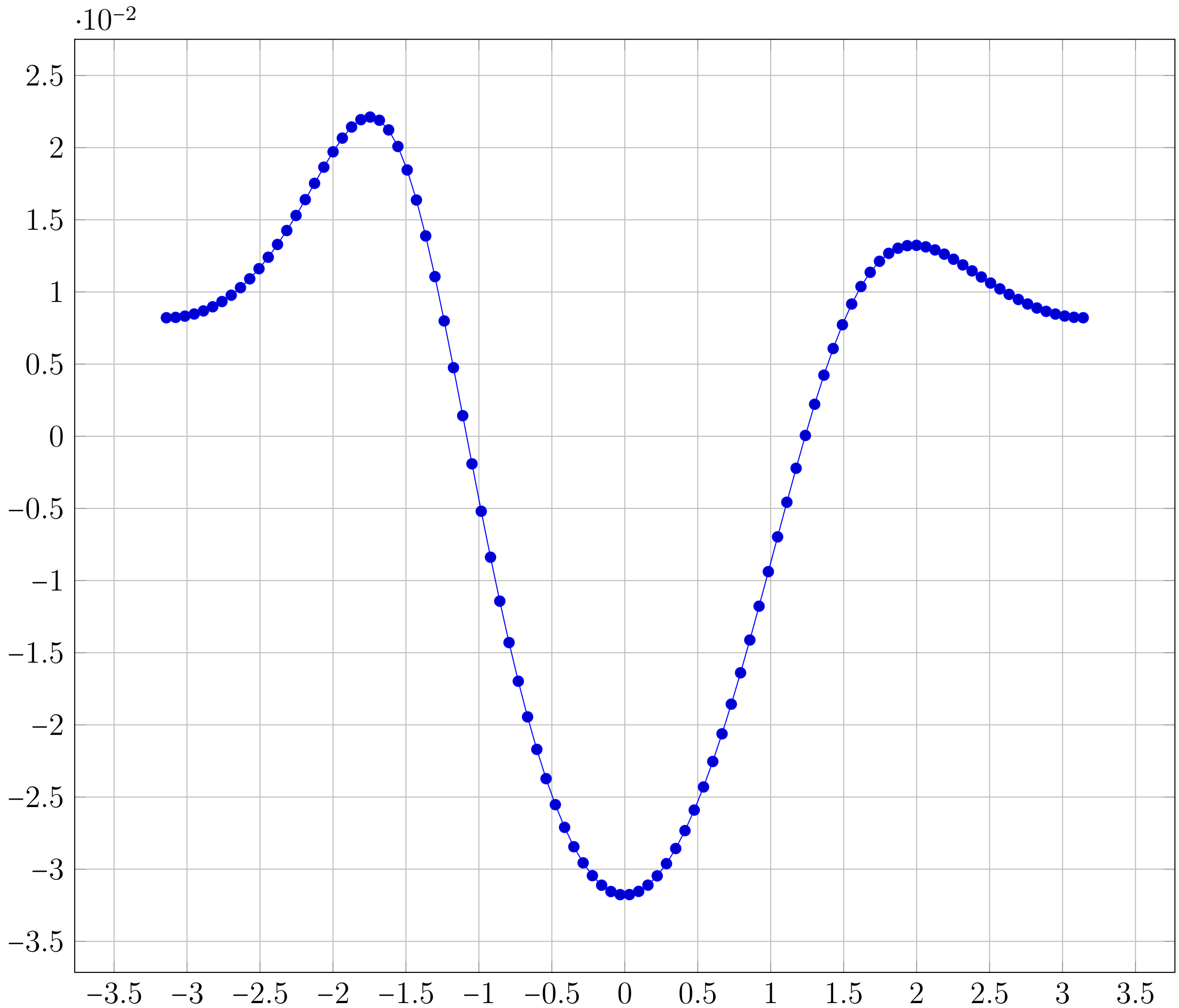

Рисунок 19. График зависимости второй производной координаты x точки B от угла ϕ

$$B_y'' = 0 \tag{20}$$

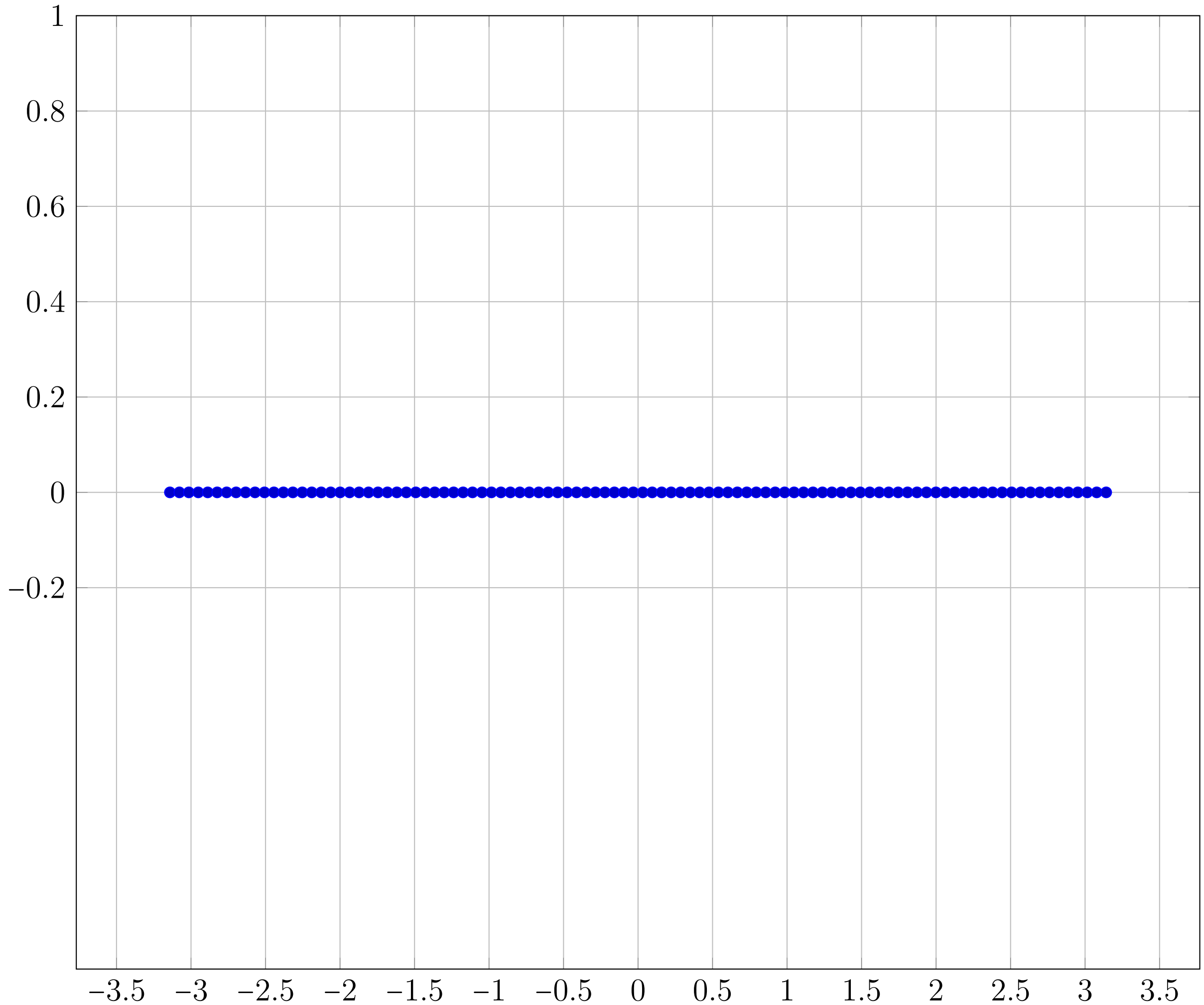

Рисунок 20. График зависимости второй производной координаты у точки В от угла ϕ

$$OA''_x = \frac{-l_1 \cdot \cos(\phi)}{2} \tag{21}$$

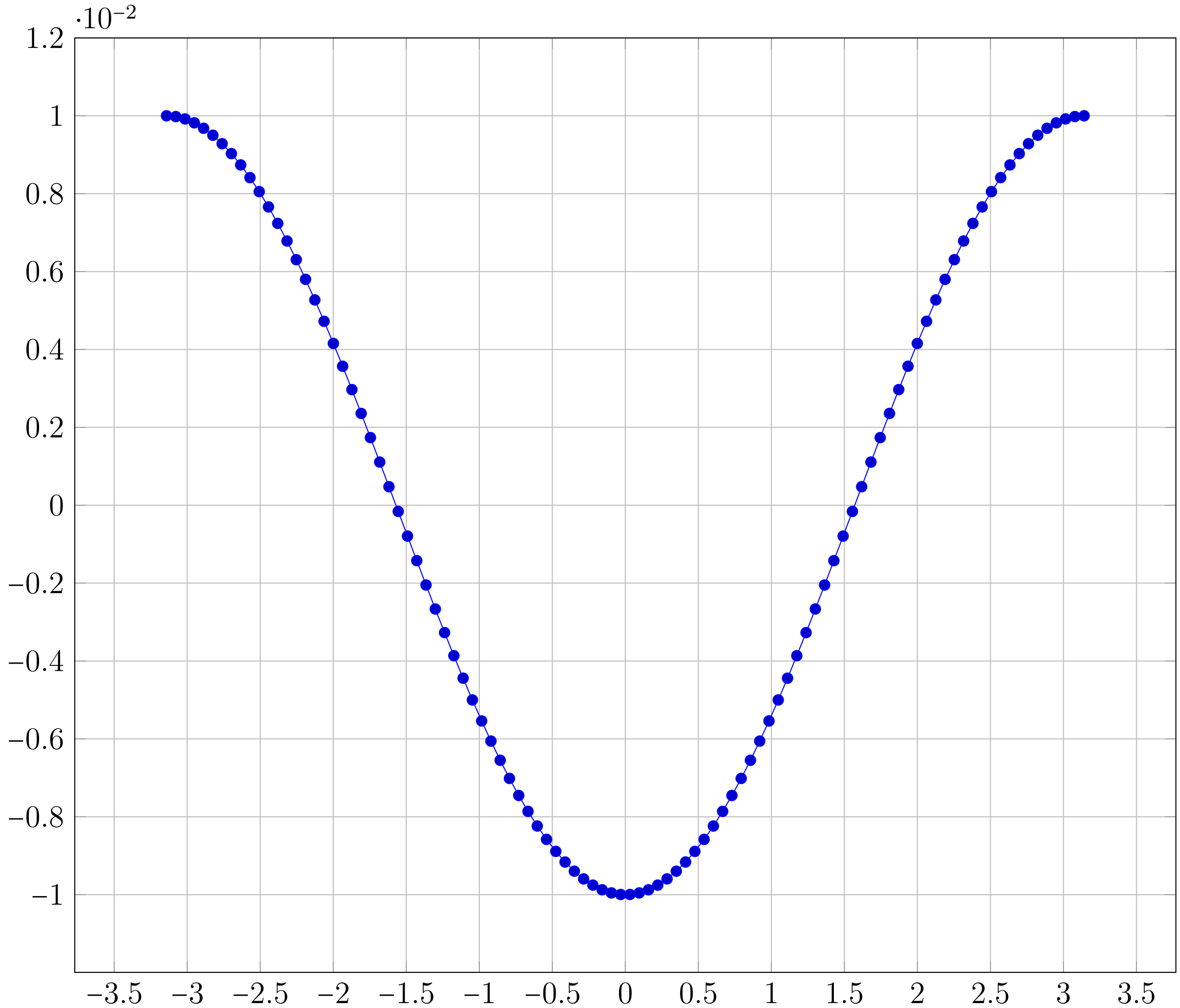

Рисунок 21. График зависимости второй производной координаты x отрезка OA от угла ϕ

$$OA_y'' = \frac{-l_1 \cdot \sin(\phi)}{2} \tag{22}$$

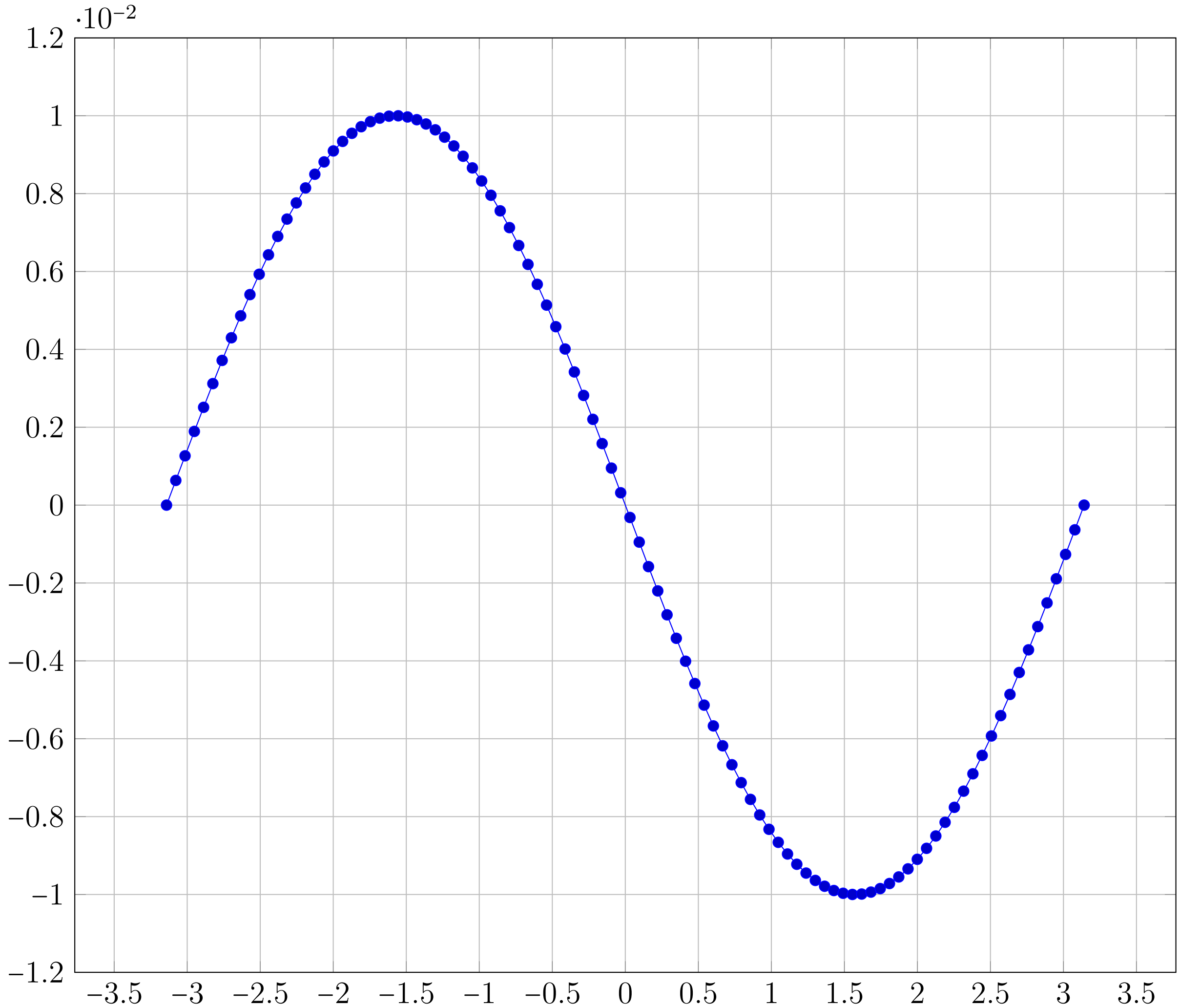

Рисунок 22. График зависимости второй производной координаты y отрезка OA от угла ϕ

$$AB''_x = \frac{-l_1 \cdot (l_1 \cdot \cos(\phi)^2 - \sin(\phi) \cdot (l_1 \cdot \sin(\phi) - e_1)) \cdot \sqrt{l_2^2 - (l_1 \cdot \sin(\phi) - e_1)^2}}{} + \\ + \frac{\frac{l_1 \cdot \cos(\phi)^2 \cdot (l_1 \cdot \sin(\phi) - e_1)^2}{\sqrt{l_2^2 - (l_1 \cdot \sin(\phi) - e_1)^2)}}}{2 \cdot (l_2^2 - (l_1 \cdot \sin(\phi) - e_1)^2)} - l_1 \cdot \cos(\phi) \tag{23}$$

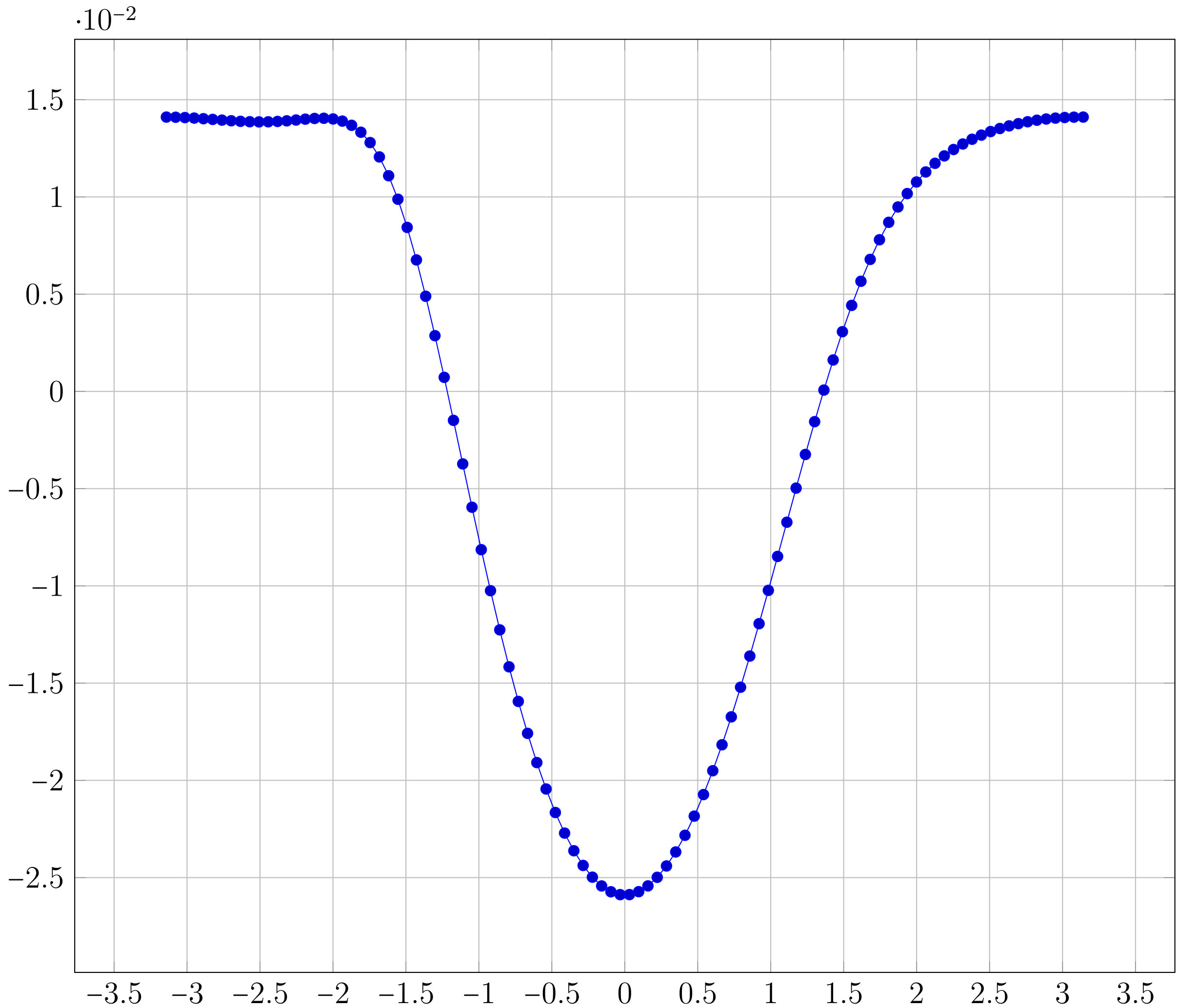

Рисунок 23. График зависимости второй производной координаты x отрезка AB от угла ϕ

$$AB_y'' = \frac{-l_1 \cdot \sin(\phi)}{2} \tag{24}$$

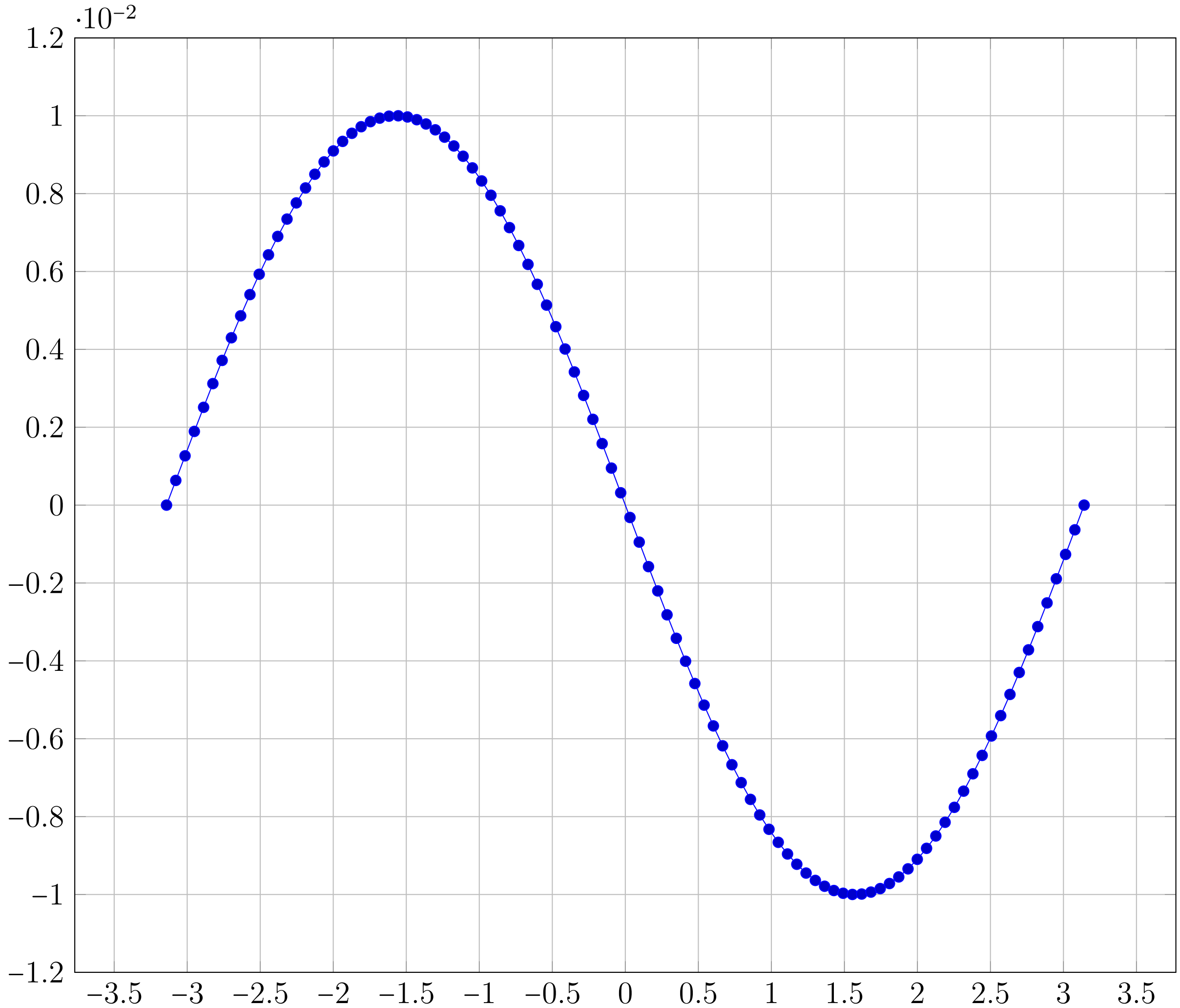

Рисунок 24. График зависимости второй производной координаты y отрезка AB от угла ϕ

————————————————————————————— OLD

$$l_1 \cdot \cos(\phi) + l_2 \cdot \cos\left(\arcsin\left(\frac{e_1 - l_1 \cdot \sin(\phi)}{l_2}\right)\right) = x(\phi) \tag{25}$$

TODO: разобраться, как называется этот график в питоне и техе

$$l_1 \cdot \cos(\phi_n) + l_2 \cdot \cos\left(\arcsin\left(\frac{e_1 - l_1 \cdot \sin(\phi_n)}{l_2}\right)\right) = x_{c_1} \tag{26}$$

$$\begin{aligned} 0.02 \cdot \cos(\pi) + 0.035 \cdot \cos\left(\arcsin\left(\frac{0.25 \cdot 0.02 - 0.02 \cdot \sin(\pi)}{0.035}\right)\right) = \\ = -0.02 + 0.035 \cdot 0.0285714 = 0.014641 = x_{c_1} \end{aligned} \tag{27}$$

$$y_{c_1} = 0 \tag{28}$$

$$l_1 \cdot \cos(\phi_k) + l_2 \cdot \cos\left(\arcsin\left(\frac{e_1 - l_1 \cdot \sin(\phi_k)}{l_2}\right)\right) = x_{c_2} \tag{29}$$

$$y_{c_2} = 0 \tag{30}$$

Середина второго звена AB: OLD

$$x_{AB} = \frac{l_1 \cdot \cos(\phi) + l_1 \cdot \cos(\phi) + l_2 \cdot \cos\left(\arcsin\left(\frac{e_1 - l_1 \cdot \sin(\phi)}{l_2}\right)\right)}{2} = \\ = \frac{2 \cdot l_1 \cdot \cos(\phi) + l_2 \cdot \cos\left(\arcsin\left(\frac{e_1 - l_1 \cdot \sin(\phi)}{l_2}\right)\right)}{2} \quad (31)$$

OLD

$$x'_{AB} = -l1 \cdot \sin(\phi) + \frac{{l_2}^2 \cdot \left(\frac{e_1}{2} - \frac{1}{2} \cdot l_2 \cdot \sin(\phi)\right) \cdot \cos(\phi)}{4 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{e_1}{2} - \frac{1}{2} \cdot l_2 \cdot \sin(\phi)\right)^2}} \quad (32)$$

NEW

$$x_{AB}(\frac{1}{2}\sqrt{l_2^2 - (l_1 \sin(x) - e_1)^2} + l_1 \cos(x)) = \\ \frac{1}{2}(-(l_1^2 \cos^2(x))/\sqrt{l_2^2 - (l_1 \sin(x) - e_1)^2} - \frac{l_1^2 \cos^2(x)(l_1 \sin(x) - e_1)^2}{(l_2^2 - (l_1 \sin(x) - e_1)^2)^{\frac{3}{2}}} + \\ \frac{l_1 \sin(x)(l_1 \sin(x) - e_1)}{\sqrt{l_2^2 - (l_1 \sin(x) - e_1)^2}) - l_1 \cos(x)} \quad (33)$$

$$y'_{AB} = \frac{l_1 \cdot \cos(\phi)}{2} \tag{34}$$

Найдём вторые производные:

$$x''_{AB} = \frac{1}{2} \cdot \left(- \frac{{l_2}^3 \cdot \cos^2(x)}{4 \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{4} \cdot (e_1 - l_2 \cdot \sin(x))^2}} - \right. \tag{35}$$

$$- \frac{{l_2}^3 \cdot \cos^2(x) \cdot (e_1 - l_2 \cdot \sin(x))^2}{16 \cdot \left(1 - \frac{1}{4} \cdot (e_1 - l_2 \cdot \sin(x))^2\right)^{\frac{3}{2}}} - \tag{36}$$

$$\left. - \frac{{l_2}^2 \cdot \sin(x) \cdot (e_1 - l_2 \cdot \sin(x))}{4 \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{4} \cdot (e_1 - l_2 \cdot \sin(x))^2}} - 2 \cdot l_1 \cdot \cos(x) \right) \tag{37}$$