

10.17. Колебательное движение

10.17.1. Шарик массой $m = 0,1$ г закреплен на нити, длина которой $l = 1$ м велика по сравнению с размерами шарика. Шарикку сообщают заряд $q = 10$ нКл и помещают в направленное вертикально вверх однородное электрическое поле напряженностью $E = 3 \cdot 10^5$ В/м. С каким периодом будет колебаться шарик?

• **10.17.2.** Между обкладками плоского конденсатора помещен математический маятник, масса которого m , длина нити подвеса l . Пластины конденсатора расположены параллельно поверхности земли. Каким будет период колебаний маятника, если между обкладками конденсатора создать электрическое поле напряженностью E ? Нижняя обкладка заряжена положительно, а заряд на маятнике равен q_0 .

10.17.3. Положительно заряженный шарик массой $m = 30$ г (математический маятник) совершает гармонические колебания над положительно заряженной бесконечной горизонтальной плоскостью. При этом сила электрического взаимодействия шарика с плоскостью $F = 0,1$ Н, а период его колебаний $T_1 = 2$ с. Затем шарик перезарядили так, что его заряд стал отрицательным, но по модулю равным первоначальному. Определите период гармонических колебаний шарика в новом состоянии. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

10.17.4. Вблизи вертикальной стенки, заряженной положительно с поверхностной плотностью заряда σ , подвешено на непроводящей нити длиной l маленькое тело массой m и зарядом $q > 0$. Найдите период колебаний тела, считая их гармоническими.

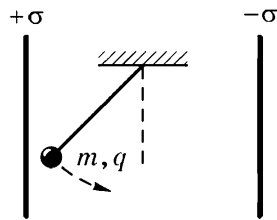


Рис. 10.17.1

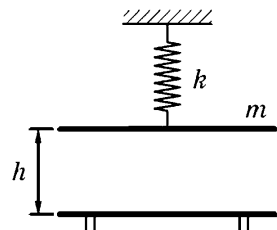


Рис. 10.17.2

10.17.5. Между обкладками плоского конденсатора подвешена на непроводящей нити маленькая бусинка массой $m = 1$ г (рис. 10.17.1). Как изменится период малых колебаний бусинки, если ей сообщить заряд $q = 10^{-3}$ Кл, а пластины зарядить с поверхностной плотностью $\sigma = \pm 15,3 \cdot 10^{13}$ Кл/м²?

10.17.6. Найдите период малых колебаний гантели длиной l с шариками массой m , расположенной вдоль однородного электрического поля напряженностью E . Заряды шариков гантели равны q и $-q$. Силу тяжести не учитывать.

• **10.17.7.** Нижняя пластина плоского воздушного конденсатора закреплена в горизонтальной плоскости, а верхняя висит на пружине жесткостью $k = 50$ Н/м (рис. 10.17.2). Расстояние между пластинами $d = 1,1$ см. К конденсатору прикладывают постоянное напряжение, и верхняя пластина начинает со-

вершать малые колебания с амплитудой $A = 0,1$ см. Найдите период колебаний. Масса верхней пластины $m = 54$ г.

10.17.8. Шарик массой m и с зарядом q подвешен на шелковой нити длиной l . Шарик заряжают положительно, а под ним на расстоянии l закрепляют другой шарик с таким же по модулю, но отрицательным зарядом (рис. 10.17.3). Определите период малых колебаний шарика.

10.17.9. Найдите период малых колебаний тела массой m , заряд которого q , внутри гладкой сферы радиусом R , если в верхней точке сферы закреплен заряд Q ($qQ > 0$) (рис. 10.17.4).

10.17.10. Горизонтальный желоб выгнут по цилиндрической поверхности: слева — по радиусу $R = 20$ см, справа — по радиусу $2R$ (рис. 10.17.5). На дне желоба находится бусинка массой $m = 10$ г и с зарядом $q = 10^{-6}$ Кл, а в точке O — такой же по знаку заряд $Q = 2 \cdot 10^{-6}$ Кл. Во сколько раз при малых колебаниях время движения бусинки по желобу радиусом $2R$ больше времени движения по желобу радиусом R ?

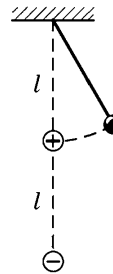


Рис. 10.17.3

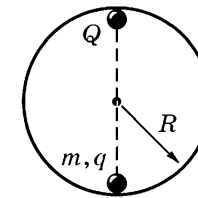


Рис. 10.17.4

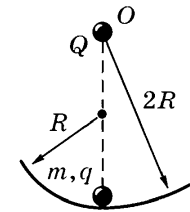


Рис. 10.17.5

• **10.17.11.** Две маленькие бусинки, имеющие одинаковые заряды, надеты на непроводящий стержень, расположенный вертикально вблизи поверхности земли, причем нижняя бусинка закреплена. В положении равновесия расстояние между бусинками равно l_0 . Найдите период малых колебаний подвижной бусинки. Трением пренебречь.

10.17.12. На концах тонкого непроводящего горизонтального стержня длиной l закреплены две маленькие бусинки, а третья надеята на стержень, по которому она может перемещаться без трения. Всем бусинкам сообщают одинаковые заряды q . Найдите период малых колебаний подвижной бусинки, если ее масса равна m .

10.17.13. Определите период малых колебаний четырех заряженных тел, связанных одинаковыми нитями длиной l и движущихся так, как показано на рисунке 10.17.6. Массы и заряды тел одинаковы и равны m и q соответственно.

10.17.14. Тонкое кольцо радиусом $R = 1$ м равномерно заряжено положительным зарядом $q = 10^{-16}$ Кл. Определите период малых колебаний

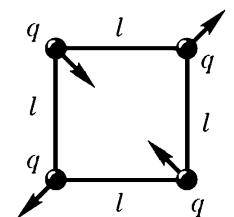


Рис. 10.17.6

электрона, находящегося на оси кольца на расстоянии $x \ll R$ от его плоскости. Заряд электрона $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, масса электрона $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг. Силой тяжести пренебречь.

Ответы:

$$10.17.1. T = 2\pi \sqrt{\frac{ml}{qE - mg}} = 1,4 \text{ с.}$$

$$10.17.3. T_2 \approx 1,4 \text{ с.}$$

$$10.17.4. T = 2\pi \sqrt{\frac{2\varepsilon_0 l m}{(2\varepsilon_0 mg)^2 + q^2 \sigma^2}}.$$

10.17.5. Уменьшится в

$$\left(1 + \frac{q^2 \sigma^2}{\varepsilon_0^2 m^2 g^2}\right)^{1/4} = 1,41 \text{ раз.}$$

$$10.17.6. T = 2\pi \sqrt{\frac{ml}{2qE}}.$$

$$10.17.8. T = 2\pi \sqrt{\frac{ml^3}{gml^2 + 2kq^2}}.$$

$$10.17.9. T = 2\pi \left(\frac{g}{R} + \frac{kqQ}{8mR^3}\right)^{-1/2}.$$

$$10.17.10. \text{В} n = \sqrt{2\left(2 + \frac{kQ^2}{4R^2}\right)} = 2,93 \text{ раза.}$$

$$10.17.12. T = \frac{\pi l^2}{q} \sqrt{\frac{m}{2k}}.$$

$$10.17.13. T = 2\pi \sqrt{\frac{ml}{\sqrt{2kq^2}}}.$$

$$10.17.14. T = 2\pi \sqrt{\frac{mR^3}{kq|e|}} \approx 0,016 \text{ с.}$$