

## 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. Шарик 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/с<sup>2</sup>.

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

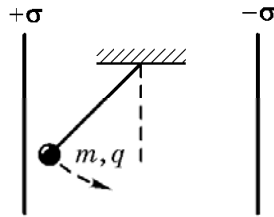


Рис. 10.17.1

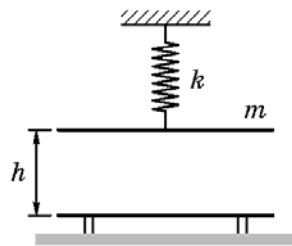


Рис. 10.17.2

**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/м<sup>2</sup>?

**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  $R$ ?

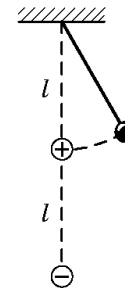


Рис. 10.17.3

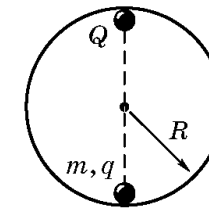


Рис. 10.17.4

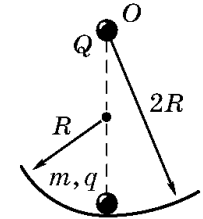


Рис. 10.17.5

• **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 надетая 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

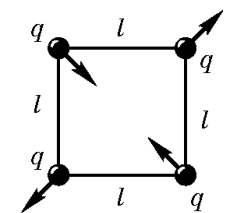


Рис. 10.17.6

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:**

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

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

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

10.17.5. Уменьшится в

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

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

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

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

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

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

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

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