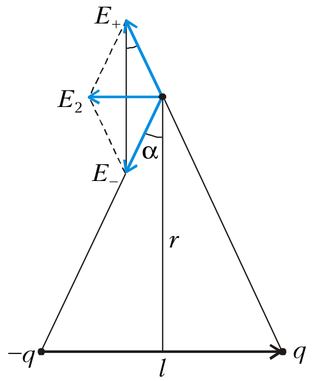

Рис. 14

и когда точка поля лежит на перпендикуляре к дипольному моменту (рис.14):

$$E_2 = 2E_+ \sin\alpha \approx \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2q}{r^2}\frac{l/2}{r} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{ql}{r^3},$$

или в векторном виде:

$$\vec E_2 = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\vec p}{r^3}. \qquad (10)$$

Теперь, чтобы найти напряженность поля в точке, для которой радиус-вектор образует с дипольным моментом угол θ, поступим следующим образом. Соединим отрицательный заряд с точкой поля (рис.15), опустим из положительного заряда перпендикуляр на эту линию и мысленно поместим в основание перпендикуляра два заряда: q и $-q$. Поскольку мы поместили их в одну точку, поле не изменилось, но мы получили вместо одного диполя два. У

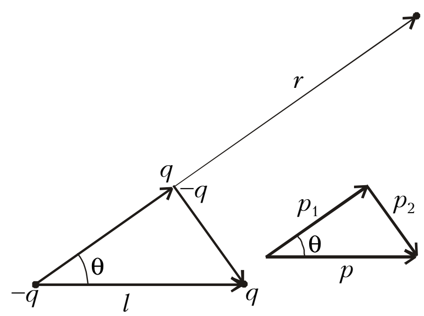

Рис. 15

одного из них дипольный момент $\vec p_1$ направлен параллельно радиусу-вектору $\vec r$, а у другого дипольный момент $\vec p_2$ перпендикулярен $\vec r$. Легко убедиться, что $p_1 = p\cos\theta$ (напомним, что $r \cong l$), или в векторном виде

$$\vec p_1 = \vec r\,\frac{\left(\vec p\,\vec r\right)}{r^2},$$

а $p_2 = p\sin\theta$, или в векторном виде

$$\vec p_2 = \vec p - \vec p_1.$$

Опираясь на формулы (9) и (10), можно вычислить параллельную и перпендикулярную вектору $\vec r$ составляющие поля:

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2(p\cos\theta)}{r^3},\quad E_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{p\sin\theta}{r^3},$$

а можно, подставив векторные выражения для $\vec p_1$ и $\vec p_2$, получить ответ в векторном виде:

$$\vec E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{3\left(\vec p\,\vec r\right)\vec r}{r^5} - \frac{\vec p}{r^3}\right).$$

ПРАКТИКУМ АБИТУРИЕНТА

Законы сохранения в задачах на столкновения

А.ОВЧИННИКОВ, В.ПЛИС

В физике под столкновениями понимают процессы кратковременного взаимодействия между телами в широком смысле слова, а не только как соприкосновение тел. Сталкивающиеся тела на большом расстоянии являются свободными. Проходя друг мимо друга, тела взаимодействуют между собой, в результате могут происходить различные процессы – соединение тел, возникновение новых тел и т.п. Наконец, может иметь место *упругое* столкновение, при котором тела после некоторого сближения вновь расходятся без изменения своего внутреннего состояния. Столкновения, приводящие к изменению внутреннего состояния тел, называются *неупругими.*

Происходящие в обычных условиях столкновения обычных тел почти всегда бывают в той или иной степени неупругими – уже хотя бы потому, что они сопровождаются некоторым нагреванием тел, т.е. переходом части их кинетической энергии в тепло. Тем не менее, в физике понятие об упругих столкновениях играет важную роль. В частности, с такими столкновениями приходится иметь дело в физическом эксперименте в области атомных явлений.

Обсудим несколько конкретных задач.

Задача 1. *Протон, пролетая мимо первоначально покоившегося ядра неизвестного химического элемента, отклонился на угол* $\beta = \arccos(4/15)$*, а величина скорости протона уменьшилась на 10% (рис.1). Найдите массовое число химического элемента.*

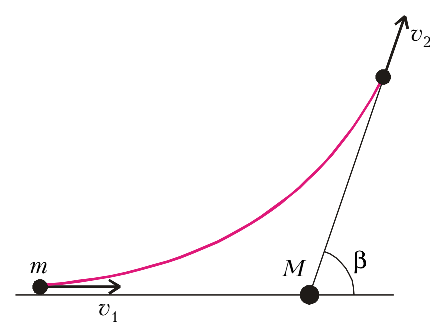

Рис. 1

Взаимодействие частиц упругое; следовательно, импульс и энергия системы сохраняются:

$$m\vec v_1 = m\vec v_2 + M\vec v,$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{Mv^2}{2},$$

где m, v_1 и v_2 – масса и скорости протона, M и v – масса и скорость неизвестного ядра. Из закона сохранения импульса с помощью теоремы косинусов получаем

$$(Mv)^2 = (mv_1)^2 + (mv_2)^2 - 2m^2 v_1 v_2 \cos\beta.$$

Из двух последних соотношений по-