


 myparfumer.com
РЕКЛАМА 

Готовый бизнес парфюмерии с чистой прибылью от 125 т.р.

10 лет на рынке! 0 закрытых точек! Более 100 открытых точек в 60 городах России!

[Узнать больше](#)

Пондеромоторная сила - Ponderomotive force

В физике, пондеромоторная сила - это **нелинейная сила**, которую заряженная частица испытывает в неоднородной колебательной **электромагнитное поле**. Это заставляет частицу двигаться в сторону области с более слабым полем, а не колебаться вокруг начальной точки, как это происходит в однородном поле. Это происходит потому, что частица воспринимает силу большей величины в течение половины периода колебаний, когда она находится в области с более сильным полем. Чистая сила в течение своего периода в более слабой области во второй половине колебаний не компенсирует результирующую силу первой половины, и поэтому в течение полного цикла это заставляет частицу перемещаться в область меньшей силы.

Пондеромоторная сила F_p выражается как

$$F_p = -\frac{e^2}{4m\omega^2} \nabla (E^2)$$

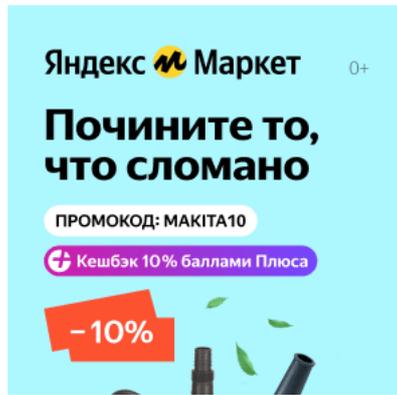
в ньютонах (в единицах СИ), где e - **электрический заряд** частицы, m - ее масса, ω - **угловая частота** колебаний. поля, а E - **амплитуда** электрического поля. При достаточно малых амплитудах магнитное поле оказывает очень небольшую силу.

Это уравнение означает, что заряженная частица в неоднородном осциллирующем поле не только колеблется с частотой ω поля, но также ускоряется на F_p в направлении слабого поля. Это редкий случай, когда знак заряда на частице не меняет направление силы ($(-e) = (+e)$).

Содержание

РЕКЛАМА

⋮



- 1 Вывод
- 2 Усредненная по времени плотность
- 3 Обобщенная пондеромоторная сила
- 4 Приложения
- 5 Ссылки
- 6 Журналы

Вывод

Вывод выражения пондеромоторной силы происходит следующим образом.

Рассмотрим частицу под действием неоднородного электрического поля, колеблющегося с частотой ω в направлении x . Уравнение движения задается следующим образом:

$$\ddot{x} = g(x) \cos(\omega t),$$

без учета влияния связанного с ним осциллирующего магнитного поля.

Если масштаб изменения длины

$$g(x)$$

достаточно велик, то траекторию частицы можно разделить на медленное движение во времени. и быстрое движение во времени:

$$\mathbf{x} = \mathbf{x}_0 + \mathbf{x}_1$$

где

$$\mathbf{x}_0$$

- медленное смещение, а

$$\mathbf{x}_1$$

- быстрые колебания. Теперь давайте также предположим, что

$$\mathbf{x}_1 \ll \mathbf{x}_0$$

. В этом предположении мы можем использовать разложение Тейлора для уравнения силы около

$$\mathbf{x}_0$$

, чтобы получить:

$$\ddot{\mathbf{x}}_0 + \ddot{\mathbf{x}}_1 = [g(\mathbf{x}_0) + \mathbf{x}_1 g'(\mathbf{x}_0)] \cos(\omega t)$$

$$\ddot{\mathbf{x}}_0 \ll \ddot{\mathbf{x}}_1$$

, и поскольку

$$\mathbf{x}_1$$

маленький,

$$g(\mathbf{x}_0) \gg \mathbf{x}_1 g'(\mathbf{x}_0)$$

, поэтому

$$\ddot{x}_1 = g(x_0) \cos(\omega t)$$

На шкале времени, на которой колеблется

$$x_1$$

,

$$x_0$$

по сути постоянный. Таким образом, указанное выше можно проинтегрировать, чтобы получить:

$$x_1 = -\frac{g(x_0)}{\omega^2} \cos(\omega t)$$

Подставляем это в уравнение силы и усредняем по

$$2\pi/\omega$$

шкала времени, получаем,

$$\ddot{x}_0 = -\frac{g(x_0)g'(x_0)}{2\omega^2}$$

$$\Rightarrow \dot{x}_0 = -\frac{1}{4\omega^2} \frac{d}{dx} [g(x)^2] \Big|_{x=x_0}$$

Таким образом, мы получили выражение для дрейфового движения заряженной частицы под действием неоднородное колебательное поле.

Средняя по времени плотность

Вместо одной заряженной частицы мог бы существовать газ заряженных частиц, удерживаемых действием такой силы. Такой газ заряженных частиц называется **плазмой**. Функция распределения и плотность плазмы будут колебаться на приложенной частоте колебаний, и для получения точного решения нам необходимо решить **уравнение Власова**. Но обычно предполагается, что усредненная по времени плотность **плазмы** может быть непосредственно получена из выражения для силового выражения дрейфового движения отдельных заряженных частиц:

$$\bar{n}(x) = n_0 \exp\left[-\frac{e}{\kappa T} \Phi_P(x)\right]$$

где

$$\Phi_P$$

- пондеромоторный потенциал и задается формулой

$$\Phi_P(x) = \frac{m}{4\omega^2} [g(x)]^2$$

Обобщенная пондеромоторная сила

Вместо просто колеблющегося поля может присутствовать постоянное поле. В такой ситуации уравнение силы заряженной частицы принимает следующий вид:

$$\ddot{x} = h(x) + g(x) \cos(\omega t)$$

Чтобы решить вышеуказанное уравнение, мы можем сделать такое же предположение, как и в случае, когда

$$h(x) = 0$$

. Это дает обобщенное выражение для дрейфового движения частицы:

$$\ddot{x}_0 = h(x_0) - \frac{g(x_0)g'(x_0)}{2\omega^2}$$

Приложения

Идея пондеромоторного описания частиц под действием изменяющегося во времени поля имеет применения в таких областях, как:

- Комбинированная высокочастотная ловушка
- Генерация высоких гармоник
- Плазменное ускорение частиц
- Плазменный двигатель особенно Безэлектродный плазменный двигатель
- Квадрупольная ионная ловушка
- Терагерцовая спектроскопия во временной области как источник высокоэнергетического ТГц излучения в лазерной плазме воздуха

Пондеромоторная сила также играет важную роль в лазерно-индуцированной плазме как основной фактор снижения плотности.

Ссылки

Генерал

- Шмидт, Джордж (1979). Физика высокотемпературной плазмы, второе издание. Академическая пресса. п. 47. ISBN 978-0-12-626660-3 .

Цитаты

Журналы

- Cary, J. R.; Кауфман, А. Н. (1981). «Пондеромоторные эффекты в бесстолкновительной плазме: подход с преобразованием Ли». Phys. Жидкости. 24 (7): 1238. Bibcode : 1981PhFl... 24.1238C. doi : 10.1063 / 1.863527.
- Grebogi, С.; Литтлджон, Р. Г. (1984). «Релятивистский пондеромоторный гамильтониан». Phys. Жидкости. 27 (8): 1996. Bibcode : 1984PhFl... 27.1996G. doi : 10.1063 / 1.864855.
- Morales, G.J.; Ли, Ю. К. (1974). «Эффекты пондеромоторной силы в неоднородной плазме». Phys. Rev. Lett. 33 (17): 1016–1019. Bibcode : 1974PhRvL..33.1016M. doi : 10.1103 / Physrevlett.33.1016.
- Lamb, В.М.; Моралес, Дж. Дж. (1983). «Пондеромоторные эффекты в ненейтральной плазме». Phys. Жидкости. 26 (12): 3488. Bibcode : 1983PhFl... 26.3488L. doi : 10,1063 / 1,864132.
- Shah, К.; Рамачандран, Х. (2008). «Аналитические, нелинейно точные решения для ВЧ-ограниченной плазмы». Phys. Плазма. 15 (6): 062303. Bibcode : 2008PhPl... 15f2303S. doi : 10.1063 / 1.2926632. Архивировано из оригинала 23 февраля 2013 г.
- Bucksbaum, Р.Н.; Freeman, R. R.; Башканский, М.; Макилрат, Т. Дж. (1987). «Роль пондеромоторного потенциала в надпороговой ионизации». Журнал Оптического общества Америки В. 4 (5): 760. Bibcode : 1987JOSAB... 4..760B. CiteSeerX 10.1.1.205.4672. doi :10.1364/josab.4.000760.

Последняя правка сделана 2021-05-28 08:50:29

Содержание доступно по лицензии CC BY-SA 3.0 (если не указано иное).