

является искомой силой. Величина этой силы определяется по теореме Пифагора

$$F = \sqrt{N^2 + f_{\text{тр}}^2} = \sqrt{(mg)^2 + (m\omega^2 l)^2}.$$

III. ЗАКОНЫ ИЗМЕНЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА ТЕЛА И ЭНЕРГИИ

§ 1. Изменение и сохранение импульса тела и системы тел

пIII.1 Изменение состояния движения тела, т. е. величины и направления скорости, определяется не только величиной действующей силы \vec{F} , но и длительностью ее действия. Это хорошо видно, если второй закон Ньютона записать в несколько иной форме:

$$\sum \vec{F}_i = m\vec{a} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}, \text{ или}$$

$$\sum \vec{F}_i \Delta t = m\Delta \vec{v} = m(\vec{v}_2 - \vec{v}_1),$$

где $\sum \vec{F}_i$ — сумма всех действующих на тело сил, а \vec{v}_2 и \vec{v}_1 соответственно конечная и начальная скорости тела. Вводя понятие импульса тела $\vec{p} = m\vec{v}$, получим

$$\Delta t \sum \vec{F}_i = \Delta \vec{p}. \quad (1)$$

Таким образом, формула (1) утверждает, что

изменение импульса тела (или системы тел) $\Delta\vec{p}$ за время Δt равно импульсу всех сил $\Delta t \sum \vec{F}_i$, действующих на тело за то же время.

пIII.2 Группа тел, движение которых рассматривается совместно, называется механической системой тел. Если на систему действуют только силы, которые создаются телами, принадлежащими к рассматриваемой системе, то эти силы называются *внутренними*, а сама система — *изолированной*. Силы, не принадлежащие к данной системе, называются *внешними*. Если сумма всех внешних сил, действующих на систему тел, равна нулю, то система называется *замкнутой*.

пIII.3 Импульс тела (или системы тел), на которое не действуют внешние силы, остается неизменным. Другими словами, изменение импульса замкнутой системы равно нулю, т. е.

$$\Delta\vec{p} = 0. \quad (2)$$

Это утверждение называется законом сохранения импульса. Закон сохранения импульса позволяет найти конечные скорости взаимодействующих тел, образующих изолированную систему, не вдаваясь в детали взаимодействия.

Следует отметить, что иногда этот закон можно применять и для неизолированных систем. Это можно делать в том случае, если:

1) на систему действуют внешние силы, но сумма всех внешних сил ($\sum \vec{F}_{i \text{ внеш}}$) равна нулю;

2) может случиться так, что $\sum \vec{F}_{i \text{ внеш}} \neq 0$, но вдоль какого-либо направления сумма проекций

этих сил обращается в нуль. Тогда *только* вдоль этого направления можно записать закон сохранения импульса. Например, если $\sum F_{ix} \Delta t = 0$, то $\Delta \vec{p}_x = 0$;

3) в некоторых случаях начальное и конечное состояние системы тел отделены столь малым промежутком времени (например, выстрел, взрыв, удар), что импульс *постоянной* внешней силы (например, силы тяжести, силы трения) не может заметно изменить импульс системы тел ($\Delta t \rightarrow 0$). В этом случае импульс внешней силы полагают равным нулю и используют закон сохранения импульса для решения задачи.

§ 2. Работа силы. Изменение и сохранение механической энергии тела и системы тел

III.4 *Работой постоянной силы \vec{F} на перемещении $\Delta \vec{r}$ называется произведение проекции этой силы на направление перемещения (F_r) на величину (модуль) этого перемещения ($|\Delta \vec{r}|$).*

$$A = F_r |\Delta \vec{r}| = |\vec{F}| |\Delta \vec{r}| \cos \alpha, \quad (3)$$

где α — угол между направлениями приложенной силы и перемещения (рис. III.1). Согласно формуле, сила, перпенди-

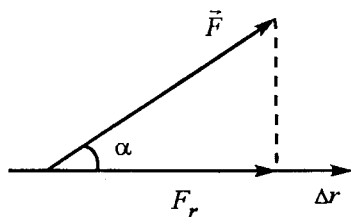


Рис. III.1