Estudo sobre o momento de uma partícula: uma análise clássica no MRUV sob a persperctiva do ensino médio

MARCUS COSTA G. DA SILVA (IFPB, Campus João Pessoa), WELLINGTON CAETANO (IFPB, Campus João Pessoa),

E-mails: marcus.costa@academico.ifpb.edu.br, wellington.caetano@ifpb.edu.br

Área de conhecimento:(Tabela CNPq): 1.05.01.02-9 Física Clássica e Física Quântica.

Palavras-Chave: mecânica; cinemática; momento linear; leis de Newton; ensino; física.

1 Introdução

Na mecânica clássica, o momento linear de uma partícula é definido matematicamente como o produto entre sua massa e velocidade, seja ela constante ou variável, o que implica, nesse último caso, numa função do tempo para essa quantidade física, contudo nem sempre será fácil a determinação de uma expressão matemática para tal função. Mas numa abordagem específica do movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV), comum ao ensino médio, pode-se não apenas determinar a função como apresentar uma maneira prática de calculá-la através da velocidade média. Nesse trabalho, será apresentada a formulação teórica e o passo a passo matemático para o estudo do momento de uma partícula no MRUV e a demonstração do teorema momento-impulso. Ressalta-se ainda que o trabalho foi desenvolvido em linguagem matemática acessível ao estudante de iniciação que é aluno do ensino médio.

2 Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas reuniões semanais do nosso grupo de trabalho, GeaFís (Grupo de Estudos Avançados em Física), uma das ações do NPEF (Núcleo de Pesquisa e Ensino de Física) do IFPB – Campus João Pessoa. Nestas reuniões, a leitura de artigos científicos e livros de revisão do assunto é sempre realizada, bem como a prática de resolução de alguns problemas.

2.1 Formulação matemática

O ponto de partida para nosso estudo é a equação (1) para o momento linear de uma partícula (HALLIDAY, 2012, NUSSENZVEIG 2013),

$$\vec{p} = m\vec{v}, \tag{1}$$

onde m é a massa da partícula e v representa a velocidade que pode ser constante ou dependente do tempo. Associado ao conceito de momento linear, apresentamos uma relação para a massa do corpo por meio do princípio fundamental da dinâmica, segunda lei de Newton para o movimento,

$$\sum\vec{F} = m\vec{a}, \tag{2}$$

em que o simbolo $\sum$ indica o somatório de todas as forças, isto é, a força resultante que atua sobre tal partícula. Ademais temos a definição cinemática de aceleração,

$$\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}. \tag{3}$$

Combinando as equações (1), (2) e (3), podemos escrever a seguinte relação para o momento linear,

$$\vec{p} = \sum\vec{F}\ \mathrm{t}, \tag{4}$$

que expressa a função de dependência com o tempo, isto é, a relação de linearidade da velocidade com o tempo, característica do MRUV. Neste ponto, o estudo se fez nas condições de contorno iniciais de repouso, isto, é $v_0 = 0$, e, da mesma forma, o tempo inicial foi definido nulo, simplificado a expressão da aceleração.

A próxima etapa desse estudo consiste em encontrar uma relação para momento a partir da energia cinética (K) da partícula, para isso, antes, apresentamos a expressão para a energia cinética,

$$K = \frac{1}{2}mv^2 . \tag{5}$$

Assim, a relação energia-momento, que, inclusive, tem aplicações em textos de mecânica quântica é apresentada da seguinte forma,

$$p^2 = 2mK, \tag{6}$$

nesta etapa, vamos indicar apenas o módulo do momento, pois a energia cinética é uma grandeza escalar. A equação (6) foi obtida tomando o quadrado da equação (1) e substituindo a definição de energia cinética, expressa na equação (5).

Agora, a partir do teorema trabalho-energia cinética, pode-se expandir a equação (6) acima em função do deslocamento, representado por Δs, que é uma quantidade física facilmente mensurável,

$$p.p = 2m \sum F \, \Delta s. \tag{7}$$

Divindo a equção (4) pelo momento p e substituindo a expressão da equção (4) no segundo membro,

$$p = \frac{2m \sum F \, \Delta s}{\sum F \, \mathrm{t}}, \tag{8}$$

por fim chegamos ao resultado,

$$p = 2mv_{méd} , \tag{9}$$

então a quantidade de movimento para um determinado instante pode ser determinada através da velocidade média, $v_{méd}$, desenvolvida até tal instante.

Por fim, uma equação a ser destacada é a equivalência entre as equações (9) e (4),

$$2mv_{méd} = \sum \vec{F} \, \mathrm{t} , \tag{10}$$

onde o lado esquerdo da equação será identificado como o impulso (I) da força resultate,

$$I = 2mv_{méd} \tag{11}$$

O resultado obtido permite calcular o impulso da força resultante a partir da velocidade média.

Em última análise, apresenta-se à equivalencia entre o impulso da força resultante e o momento linear da partícula,

$$\vec{I} = \vec{p}. \tag{12}$$

Com efeito, tem-se o resultado de que o impulso de uma força resultante é capaz de fornecer a quantidade de movimento, o momento, da partícula.

3 Resultados e Discussão

Ao longo do trabalho foram mostradas e desenvolvidas equações para o momento linear de uma partícula, evidenciando-se as diversas possibilidades de leitura e aplicações para o momento, que podem ser escolhidas de acordo com a situação que o problema apresenta. Um dos resultados que merecem destaque é aquele expresso na equação (9), indicando que o momento de uma partícula pode ser determinado a partir de sua velocidade média, que é uma grandeza física facilmente mensurável. Em outro resultado obtido, mostra-se que o momento da partícula advém do impulso da força resultate que produz esse movimento,

4. Considerações Finais

O trabalho permitiu ao aluno (do ensino médio) aprimorar seus conhecimentos de mecânica clássica, com destaque para o desevolvimento matemático das equações para o momento de uma partícula.

Referências

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de física. 9.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v.l.

NUSSENZVEIG, H. M. Curso de física básica 1: de Energia e suas mecânica. 5.ed. rev. Sao Paulo: Edgard Bliicher, 2013.