1. **INTRODUÇÃO**

No ramo da hidrostática, um dos principais pilares fundamentais da física é o “Princípio de Arquimedes”, formulado pelo matemático e cientista grego de mesmo nome. De forma superficial, esse princípio estabelece que um corpo parcial ou totalmente imerso em um fluido sofre uma força de empuxo vertical, dirigida para cima, que é equivalente ao peso do volume de fluido deslocado pelo corpo.

Assim, ela explicava por que os objetos pareciam mais leves quando submersos na água e como as embarcações podem flutuar. Desse jeito, esse conceito é essencial para a compreensão de muitos fenômenos físicos e tem aplicações em diversas áreas da ciência e engenharia.

Nesse contexto, realizou-se um experimento no laboratório com o objetivo de explorar o princípio de Arquimedes e as propriedades de densidade de líquidos e sólidos. Este experimento irá avaliar de forma experimental como o empuxo atua nos objetos submersos em líquidos, dependendo de suas densidades relativas. Assim, este experimento poderá nos dar experiência e oportunidade de compreender e aplicar os princípios fundamentais da física que estudam o comportamento de corpos imersos em fluidos.

1. **OBJETIVOS**
   1. **OBJETIVO GERAL**

Verificar experimentalmente o “Princípio de Arquimedes” e determinar a densidade de sólidos e líquidos.

* 1. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Construir uma tabela contendo os resultados medidos (peso real e peso aparente);
2. Obter a força do empuxo sobre os objetos utilizados para o experimento;
3. Construir uma tabela com os valores dos empuxos e volumes deslocados;
4. Traçar um gráfico E = f(V) para cada caso;
5. Determinar as densidades absolutas de água, utilizando a densidade relativa das barras de ferro e alumínio.
6. **PARTE TEÓRICA**
7. **PARTE EXPERIMENTAL**
   1. **MATERIAL NECESSÁRIO**
8. 1 recipiente com abertura lateral
9. 1 proveta graduada
10. 1 dinamômetro graduado em Newton
11. 1 cilindro de ferro
12. 1 barra de ferro
13. 1 barra de alumínio
14. 1 haste metálico
15. 1 copo de plástico
16. ganchos e presilhas
    1. **PROCEDIMENTOS**
17. Montar o suporte para o pêndulo em superfície plana e estável para ambos os experimentos
18. Utilizar a cinta métrica para medir a distância desde o ponto de suspensão até o centro de massa do pêndulo
19. Deslocar o pêndulo da posição angular proposta pelo manual até o sensor que se encontra no ponto central
20. Prender, no experimento 1, o fio no porta placa com o comprimento de 400mm até ao centro da esfera
21. Anotar distância em uma tabela como referência
22. Obter o período de oscilação da esfera utilizando o cronômetro
23. Buscar esse período com base em oscilações que meçam até no máximo 10º
24. Repetir esta medida 3 vezes
25. Obter o valor médio do período e registrar em uma tabela
26. Repetir esses passos para os comprimentos: 500, 600, 700 e 800 mm.
27. Fixar, no experimento 2, o fio ao comprimento de 500mm
28. Obter, para o ângulo 10º, o período usando o cronômetro digital
29. Repetir a ação acima 3 vezes e tirar a média
30. Repetir esses procedimentos para os ângulos: 20º, 30º, 40º e 50º
31. **RESULTADOS**

**Tabela 1: Peso real e aparente dos materiais utilizados**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **MATERIAL** | **PESO REAL (N)** | **PESO APARENTE (N)** |
| **CILINDRO DE FERRO** | 0,92 0,05 | 0,80 0,05 |
| **BARRA DE FERRO** | 0,92 0,05 | 0,79 0,05 |
| **BARRA DE ALUMÍNIO** | 0,32 0,05 | 0,20 0,05 |

**Tabela 2: Dados medidos para a obtenção da massa da água**

|  |  |
| --- | --- |
| **PESO APARENTE DO CILINDRO DE FERRO (N)** | 0,80 0,05 |
| **MASSA DO COPO PLÁSTICO VAZIO (g)** | 10,7 0,05 |
| **MASSA DO COPO PLÁSTICO COM ÁGUA (g)** | 20,7 0,05 |

Para calcular a massa da água (ma) deslocada foi necessário subtrair o valor da massa do copo plástico com água (mpa) da massa do copo plástico vazio (mp), sendo estes valores medidos anteriormente e distribuídos na tabela 2:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1) |

Ou seja, , esse valor é obtido em gramas, então é necessário convertê-lo para quilogramas, para assim obter-se o peso da água deslocada em Newton, que é dado pela fórmula:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2) |

Onde “m” é a massa da água convertida e “g” é a aceleração da gravidade. O valor adotado para a gravidade é de 9,8. Logo, P = 0,01 = 0,098N. Com esses valores em mãos então é montada a tabela 3, com os valores da massa e peso da água deslocada.

**Tabela 3: Massa e peso da água calculados**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **MASSA CALCULADA DA ÁGUA (g)** | **MASSA DA ÁGUA (kg)** | **PESO DA ÁGUA DESLOCADA (N)** |
| 10 | 0,01 | 0,098 |

Válido acrescentar que, segundo o Princípio de Arquimedes, todo corpo mergulhado total ou parcialmente em um líquido sofre uma ação chamada empuxo, que ocorre verticalmente para cima, de intensidade igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo, ou seja, a intensidade do empuxo corresponde ao peso do volume de líquido deslocado.

Que no caso do empuxo da água, seria igual ao peso da água deslocada, que é de 0,098N, já que como dito anteriormente, .

**Tabela 4: Peso e empuxo da água calculados**

|  |  |
| --- | --- |
| **PESO DA ÁGUA DESLOCADA (N)** | **EMPUXO DA ÁGUA (N)** |
| 0,098 | 0,098 |

Isso pode ser visto através da seguinte fórmula:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (3) |

Donde “d”, é a densidade do líquido deslocado, “V” é o volume e “g” é a aceleração da gravidade. No experimento feito, a densidade medida foi de 2,55m3 e o volume foi de 0,00392304m3. Esses valores foram obtidos através das medidas do equipamento utilizado, mostradas na tabela abaixo.

**Tabela 5: Valores do becker utilizado**

|  |  |
| --- | --- |
| **Becker** | |
| **Altura (cm)** | 18,8 0,05 |
| **Raio (cm)** | 8,15 0,05 |
| **Diâmetro (cm)** | 16,3 0,05 |

Substituindo os valores medidos na fórmula temos um valor aproximado ao do peso deslocado da água, comprovando assim o Princípio de Arquimedes:

Ainda é possível aplicar, para se obter a intensidade de empuxo, a subtração entre o peso real do objeto e o peso aparente do mesmo, que no caso da água deslocada seria: 0,92 – 0,80 = 0,12, valor aproximado do mostrado na tabela 4.

**Tabela 6: Peso aparente do cilindro de ferro deslocado em um recipiente de 70ml de água**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **CILINDRO DE FERRO** | **DESLOCAMENTO (ml)** | **PESO APARENTE (N)** |
| 2 | 0,90 0,05 |
| 4 | 0,88 0,05 |
| 6 | 0,86 0,05 |
| 8 | 0,84 0,05 |
| 10 | 0,82 0,05 |
| 12 | 0,80 0,05 |

**Tabela 7: Peso aparente da barra de alumínio deslocado em um recipiente de 70ml de água**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **BARRA DE ALUMÍNIO** | **DESLOCAMENTO (ml)** | **PESO APARENTE (N)** |
| 2 | 0,30 0,05 |
| 4 | 0,28 0,05 |
| 6 | 0,26 0,05 |
| 8 | 0,24 0,05 |
| 10 | 0,22 0,05 |
| 12 | 0,20 0,05 |

Com os valores medidos na tabela 6 e tabela 7 é possível calcular o empuxo para cada volume deslocado na proveta graduada, e assim, traçar gráficos que demonstram o que ocorre com os materiais mergulhados na água.

Para calcular a força de empuxo é aplicada então a seguinte fórmula para cada um dos valores medidos em seus respectivos volumes de deslocamento:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | (aparente) | (4) |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Empuxo do cilindro de ferro (N) |  | Empuxo da barra de alumínio (N) |
| Fe = 0,92 – 0,90 = 0,02 |  | Fe = 0,32 – 0,20 = 0,02 |
| Fe = 0,92 – 0,88 = 0,04 |  | Fe = 0,32 – 0,28 = 0,04 |
| Fe = 0,92 – 0,86 = 0,06 |  | Fe = 0,32 – 0,26 = 0,06 |
| Fe = 0,92 – 0,84 = 0,08 |  | Fe = 0,32 – 0,24 = 0,08 |
| Fe = 0,92 – 0,82 = 0,10 |  | Fe = 0,32 – 0,22 = 0,10 |
| Fe = 0,92 – 0,80 = 0,12 |  | Fe = 0,32 – 0,20 = 0,12 |

Esses valores são distribuídos então na tabela 8 para comparação e construção de gráficos de E = f(V).

**Tabela 8: Força de empuxo obtida para cada volume de deslocamento**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **DESLOCAMENTO (ml)** | **EMPUXO DO CILINDRO DE FERRO (N)** | **EMPUXO DA BARRA DE ALUMÍNIO** |
| 2 | 0,02 | 0,02 |
| 4 | 0,04 | 0,04 |
| 6 | 0,06 | 0,06 |
| 8 | 0,08 | 0,08 |
| 10 | 0,10 | 0,10 |
| 12 | 0,12 | 0,12 |

**QUESTÕES**

1. **Há algumas relações entre redução de peso dos objetos quando imerso num determinado líquido e peso do volume deste que transbordou? Explique.**

R:

1. **O empuxo exercido sobre um corpo depende da sua forma geométrica? Do peso do corpo submerso? Do líquido? Do tipo de material do corpo imerso? Explique.**

R:

1. **Compare seus resultados para a densidade do ferro e do alumínio com os tabelados na literatura. Expresse sua resposta utilizando o erro relativo entre os valores obtidos e tabelados.**

R:

1. **CONCLUSÃO**
2. **REFERÊNCIAS**

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. Física 4º ed., volume 2. **Física 2**, Rio de Janeiro, 1996.

RAMALHO; NICOLAU; TOLEDO. **Os fundamentos da Física 3.** Vol.03,7ºed. Editora Moderna.

VAN HELDEN, Al (1995). <http://galileo.rice.edu/sci/instruments/pendulum.html> (em inglês). Rice University. Acessado em: 20 de agosto de 2023.