gente, a esfera metálica amachucou-se como se fosse um pano amarrotado entre os dedos ou como se tivesse sido lançada do alto de uma torre e sofresse um violento choque.

«Penso que este resultado tenha sido devido à inexperiência dos operários que não conseguiram fabricar uma bola rigorosamente esférica. Qualquer fracção plana, estivesse onde estivesse, não poderia resistir à pressão do ar circundante, ao passo que uma esfera construída com toda a precisão poderia resistir fàcilmente devido ao mútuo apoio das suas partes que se sustentam reciprocamente para vencer a resistência.

«Tornou-se assim necessário que os operários fizessem uma esfera perfeitamente redonda. Dela se extraiu o ar por meio de uma bomba, de princípio com facilidade, e depois, já perto do fim da operação, com grandes dificuldades.

«Soubemos que a esfera se encontrava completamente esvaziada quando, finalmente, já não saía mais ar pela válvula superior da bomba.

«Assim obtivemos o vazio pela segunda vez.

«Ao abrir a torneira *B*, o ar precipitou-se para o interior da esfera de cobre com tanta força que parecia capaz de arrastar um homem, de pé, defronte dela. Aproximando a face, a violência do ar chegava a cortar a respiração e nem se podia sustentar a

Frontespício da obra de Otto de Guericke, *Experimenta Nova Magdeburgico*, publicada em 1672

mão por cima da torneira sem o risco de ser arrastada violentamente para dentro.

PONTOS DE EXAME

EXAMES DO ENSINO MÉDIO (FÍSICA)

Pontos de admissão à Escola Nacional de Engenharia do Rio de Janeiro (Brasil) — 1950

188 — *1ª questão:* A câmara de um barómetro, de secção 1 cm², contém um pouco de ar. Num certo dia, quando a temperatura é de 10° C e a pressão atmosférica é de 760 min Hg, o mercúrio deste barómetro eleva-se até 730 mm e o comprimento da coluna de ar é de 27 cm. Num outro dia, quando a temperatura é de 30° C, o mercúrio deste barómetro baixa a 680 mm. Pede-se a altura barométrica que corresponde à verdadeira pressão atmosférica neste segundo caso. (Desprezam-se as dilatações do mercúrio e do vidro).

R: *Sejam* $p_1 = 760 - 730 = 30$ mm *de* Hg *e* $v_1 = 270 \text{ mm}^3$, *respectivamente a pressão e o volume do ar na câmara barométrica no primeiro caso*; *e* x *e* $v_2 = 270 + (730 - 680) = 320 \text{ mm}^3$, *respectivamente a pressão e o volume desse mesmo ar no segundo caso. As temperaturas absolutas em jogo são* $T_1 = 273 + 10 = 283$ *e* $T_2 = 273 + 30 = 303$. *Ora:* $p_1 v_1 / T_1 = p_2 v_2 / T_2$.

Substituindo os valores e efectuando as operações: x = 27,1 mm *de* Hg. A *leitura real será, portanto:* 680 + 27,1 = 707,1 mm *de* Hg.

189 — *2.ª questão:* Um projéctil de peso p = 30 g, com velocidade horizontal de v = 540 m/s, atravessa uma placa de madeira de espessura de 15 cm. A resistência que a madeira opõe ao movimento do projéctil é equivalente a uma força constante de 500 kg em toda a espessura atravessada. Pergunta-se com que velocidade sai o projéctil da madeira, em m/s, tendo em vista o trabalho gasto para atravessar a placa. $g = 9{,}8\ m/s^2$.

R: *Massa do projéctil:* m = 30:9800 = 0,0030612 u. m. m.

A energia com que o projéctil atinge a placa de madeira é a seguinte:

$$E_1 = \frac{mv^2}{2} = \frac{0{,}0030612 \times 540^2}{2} = 446{,}32296\,\mathrm{Kgm}$$

Energia perdida pelo projéctil ao atravessar a placa: $E_2 = f \cdot l = 75$ kgm.

Energia com que sai o projéctil após a travessia da placa: $E = E_1 - E_2 = 371{,}32296$ kgm.

A velocidade procurada é portanto:

$$V = \sqrt{\frac{2E}{m}} = 492{,}5\ \mathrm{m/s}$$

190 — *3.ª questão:* Dois fios r e r', exactamente idênticos, um de prata e outro de platina, são ligados em série. Sabe-se que a resistividade da platina é de 9 microohms — cm e a da prata 1,5 microohms — cm. Pede-se: 1) A relação entre as quantidades de calor desenvolvidas em cada fio. 2) A relação correspondente no caso de um circuito em que tais fios ficassem dispostos em derivação.

R: a) *Ora, a relação entre as quantidades de calor é a mesma entre as energias:*

$$Q_1/Q_2 = E_1/E_2 = R_1 I^2 \cdot t / R_2 I^2 t$$
$$Q_1/Q_2 = R_1/R_2 = \rho_1/\rho_2 = 0{,}166\ ...$$

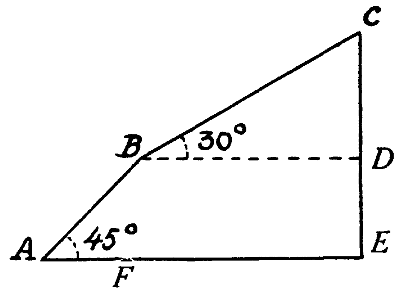
b) *como os circuitos estão agora em derivação:*

$$Q_1/Q_2 = R_1 (E/R_1)^2 t : R_2 (E/R_2)^2 t$$
$$Q_1/Q_2 = R_2/R_1 = \rho_1/\rho_2 = 6$$

(Soluções de JAURES FEGHALI)

Pontos de admissão à Escola Nacional de Engenharia do Rio de Janeiro (Brasil) — 1951

191 — *1ª questão:* Um vagão pesando 5 t é puxado por certa máquina com velocidade constante igual a 0,4 m/s sobre uma rampa de 45 m de comprimento e inclinação de 45° e em seguida puxado sobre outra rampa de 40 m de comprimento e inclinação de 30°. Pergunta-se qual o trabalho realizado (em kgm) e qual a potência desenvolvida pela máquina em cada trecho (em *C V*). Supõe-se não haver resistências passivas. Dados: *sen* 30° = 0,5000; *sen* 45° = 0,7071.



R: a) Trabalho realizado — *Como durante o percurso* ABC, *a velocidade é constante o trabalho realizado é igual à variação da energia potencial:* $\tau = P \cdot \overline{CE}$; mas $\overline{DE} = \overline{BF} = \overline{AB}$ sen 45° = 31,82 m; $\overline{CD} = \overline{BC}$ sen 30 = 20 m *donde* $\overline{CE} = \overline{CD} + \overline{DE} = 51{,}82$ m. *Substituindo na expressão de* τ, vem: $\tau = 5000 \cdot 51{,}82 = 259100$ kgm.

Potência no trecho AB — *O trabalho realizado no trecho* AB *é:* $\tau_1 = P \cdot \overline{DE}$; mas $\overline{BF} = \overline{DE} = 31{,}82$ m *donde* $\tau_1 = 5000 \cdot 31{,}82 = 159\ 100$ kgm.

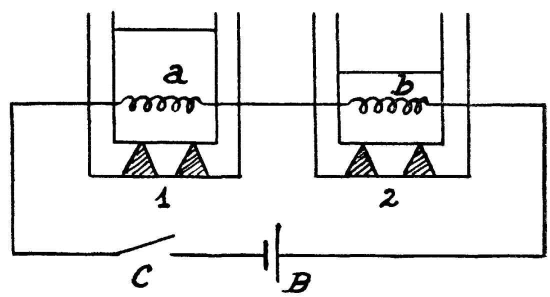
O *tempo gasto no percurso é:* $t = e/v = \overline{AB}/V = 112{,}5$ s.

A potência é: $W = \tau_1/t = 1414{,}2$ kgm/s. *Gomo* 1 CV = 75 kgm/s, *temos* 1 kgm/s = 1/75 CV. *Logo:* W = 1414,2/75 CV.

Anàlogamente acha-se para o percurso $\overline{BC}$.

(Por lapso falta na figura anterior o segmento BF).

192 — *2.ª questão:* Dois calorímetros 1 e 2 contêm cada um em seus interiores uma espiral de cobre, *a* e *b*, idênticas e ligadas a um gerador eléctrico conforme



a figura indica. Liga-se a chave *C* durante certo tempo e observa-se que no calorímetro *1*, que contém 94,40 g de água, há um aumento de temperatura de 3,17° C, enquanto que no calorímetro *2*, contendo 80,34 g de certo líquido, foi observado um aumento de temperatura de 15° F.

Sabendo-se que o equivalente em água de cada calorímetro completamente equipado é de 2,10 g, pode-se calcular o calor específico da substância contida no calorímetro 2.

R: *As resistências de cobre são iguais e percorridas pela mesma corrente durante o mesmo tempo. As quantidades de calor desenvolvidas nas duas resistências são iguais, pois:* $Q = 0{,}24\ i^2\ R\ t$.

Calorímetro 1:

Equivalente em água . . . . . . 2,10 g
Quantidade de água . . . . . . 94,40 g
Equivalente total. $E = 2{,}10 + 94{,}40 = 96{,}50$ g
Quantidade de calor recebida: $Q = E\Delta t$
Variação de temperatura: $\Delta t = 3{,}17°$ C. Donde $Q = 96{,}50 \times 3{,}17$ cal.

Calorímetro 2:

Equivalente em água: 2,10 g
Equiv. do líquido: 80,34 C } C = Cal/g/°C — Calor
Equiv. total: $E = 2{,}10 + 80{,}34$ C } específico do corpo
Variação de temperatura: $\Delta t = 15°$ F.

Devemos transformar esta variarão em °C. *A variação de* 0 a 100° C *corresponde à variarão de* 212 − 32 = 180° F. A *variarão de* x °C *corresponde à variação de* 15° F. *Donde* x =100×151180 = 8,33 °C

Quantidade de calor

$$Q = E\Delta t = (2{,}10 + 80{,}34\ C)\ 8{,}33$$

Comparando: $(2{,}10 + 80{,}34\ C)\ 8{,}33 = 96{,}50 \cdot 3{,}17$ *que fornece o valor de* C.

193 — *3.ª questão:* Dois geradores de corrente contínua são associados em tensão e apresentam uma diferença de potencial constante de 100 volts. Os polos livres *A* e *E* e o polo comum *D* são ligados a recep-

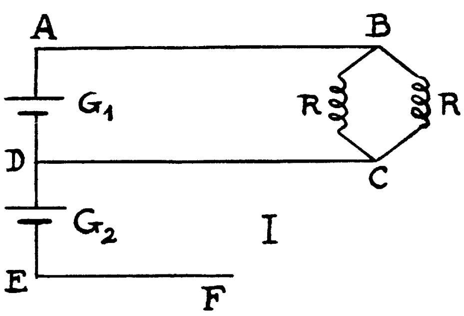


Fig. 1

tores pelos fios *AB*, *DC* e *EF* tendo cada um desses fios uma resistência de 10 ohms. Intercalam-se duas resistências entre *BC*, primeiramente em derivação, (fig. 1) e, em seguida, em série (fig. 2). Supondo-se que as duas resistências tenham um valor constante de 100 ohms, calcule-se para cada circuito:

1.º — As intensidades de corrente nos fios (*a*) e em cada resistência (*b*).

2.º — As quantidades de calor desenvolvidas em uma hora nas resistências.

3.º — A massa de água que seria formada em uma hora se as resistências fossem imersas em gelo.

4.º — A potência total desenvolvida no conjunto

Nota — Calor latente de fusão do gelo: 80 calorias/g.

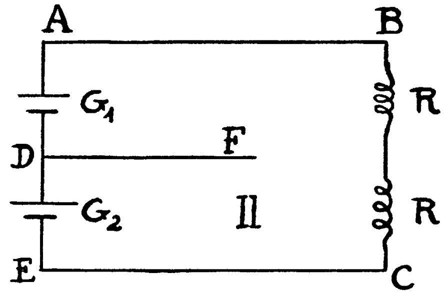


Fig. 2

R: Circuito I — O *trecho* DEF na *1ª hipótese não funciona no circuito; podemos então desprezá-lo.*

Resistência equivalente a BC: igual a 50 Ω porque $1/R_{BC} = 1/100 + 1/100$.

Resistência total do circuito:

$R = R_{AB} + R_{BC} + R_{CD} = 10 + 10 + 50 = 70\ \Omega$;

F.E.M. E : = 100 V.

Intensidade total: $i = E/R = 10/7$ A

Trecho BC: *As resistências em paralelo* (100 Ω) *são iguais*; *logo a corrente em cada resistência é:*

$$i' = i/2 = 5/7\ \text{A}$$

Quantidades de calor: *Resistências* AB *e* DC $R = 10\ \Omega$ $I = 10/7$ A :: $Q = 0{,}24\ (10/7)^2 \cdot 100 \cdot 3600$ cal.

Resistências de 100 Ω (BC): $Q = 0{,}24\ (5/7)^2 \cdot 100 \cdot 3600$ cal.

Massa de gêlo fundida: $Q = 80 \cdot M$ *donde* $M = Q/80$ *Os valores de* Q a *usar são aqueles calculados acima.* Potência desenvolvida no circuito: $W = Ei$ *donde* $W = 1000/7$ W.

Circuito II — *Feito anàlogamente, observando que:*

Força electromotriz $E = 100 + 100 = 200$ V

Resistência em BC: $R_{BC} = 100 + 100 = 200\ \Omega$ (*série*)

O trecho DF *não funciona:* $R = 10 + 10 + 100 + 100 = 220\ \Omega$.

$$i = E/R = 10/11\ \text{A}$$

Os demais cálculos são análogos aos do circuito anterior.