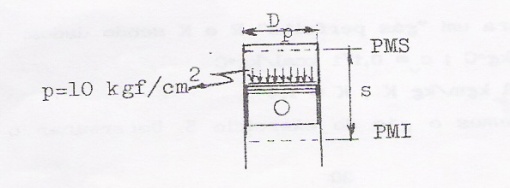
**TMEC 042 DN – MÁQUINAS TÉRMICAS II.**

**LISTA DE EXERCÍCIOS I**

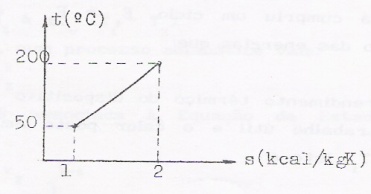
(**Noções de Termodinâmica, Características dos MCIE e Relação A/C**)

1. Admitindo que durante a expansão, no cilindro de um motor, a pressão permaneça constante em 10kgf/cm2, determinar o trabalho realizado em kgfm; J e em lb.pé sendo dados:

s = 100mm e Dp = 100mm.

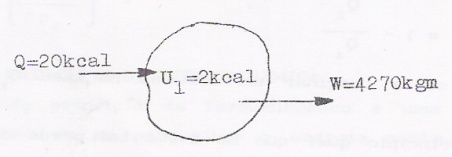


1. Sabendo-se que o diagrama representa um processo reversível, determinar o calor envolvido no mesmo.



S (kcal/kg)

1. O esquema representa um sistema fechado. Pede-se a energia interna final.

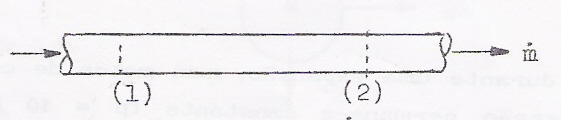


L = 4.270kgfm

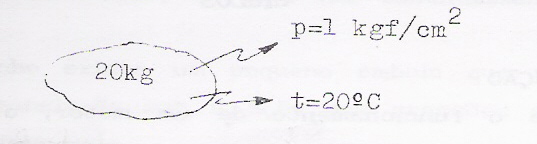
Q = 20kcal, L = 4.270kgfm, U1 =2kcal

1. Determinar o calor trocado e a potência desenvolvida entre (1) e (2), admitindo que o regime de escoamento é permanente.

Dados: m = 10kg/s, C1 = 10m/s, h1 = 1kcal/kg, C2 = 50m/s e h2 = 2kcal/kg.



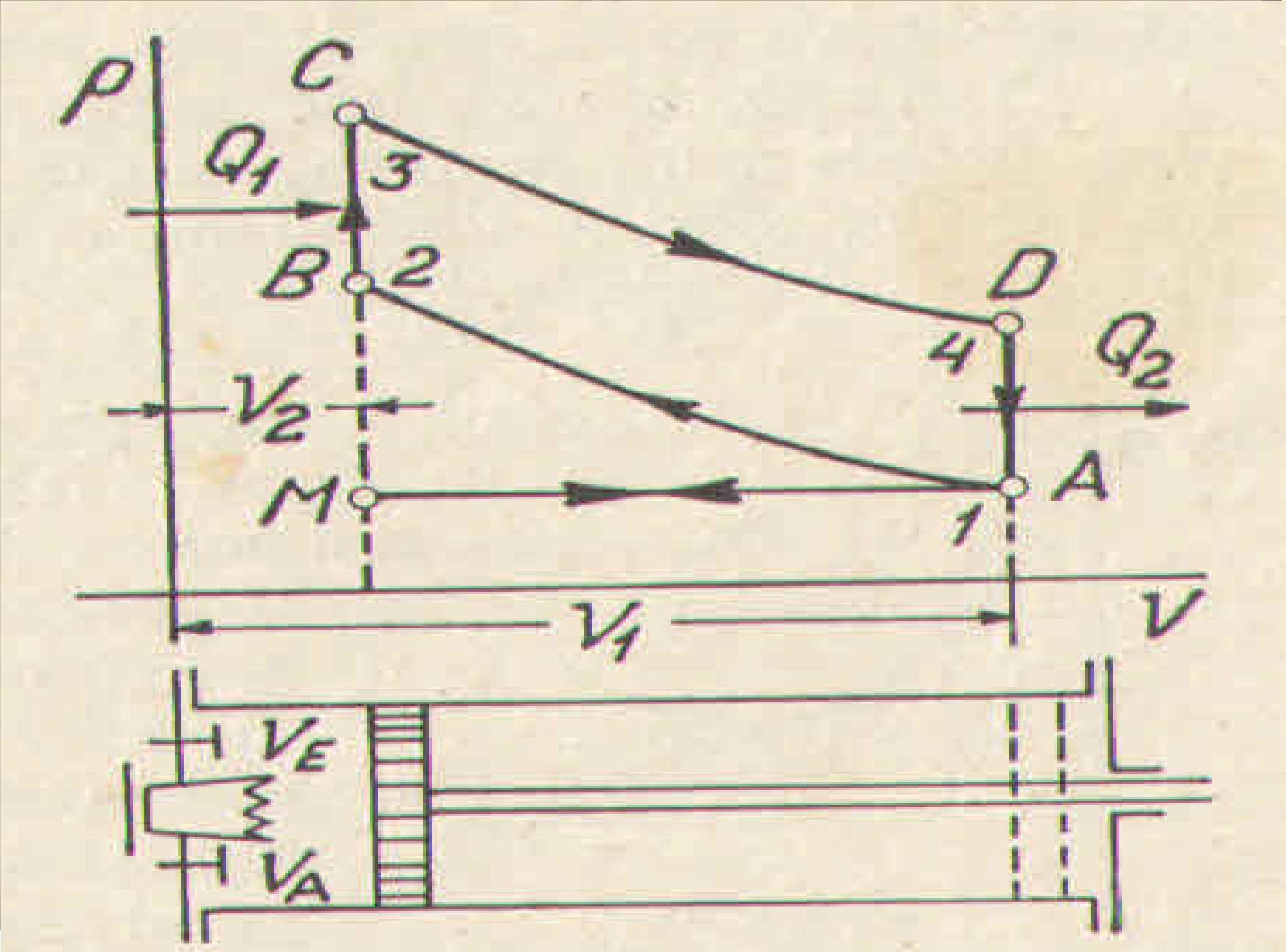
1. Determinar R e k para um “gás perfeito” sendo dados: cp = 0,24kcal/kgK; cv = 0,171kcal/kgK.
2. No esquema temos o gás do exercício 5. Determinar o volume específico v e o volume total V (geométrico) do recipiente que contém o gás.



1. Se no exercício 6 o gás sofre uma variação de temperatura, alcançando 50oC, qual a variação de energia interna e de entalpia? [por unidade de massa (específicas) e para a massa total].
2. Para os motores de combustão por centelha, o ciclo teórico de referência é o **Ciclo Otto**.

**Demonstrar a fórmula que permite calcular seu Rendimento Térmico.**

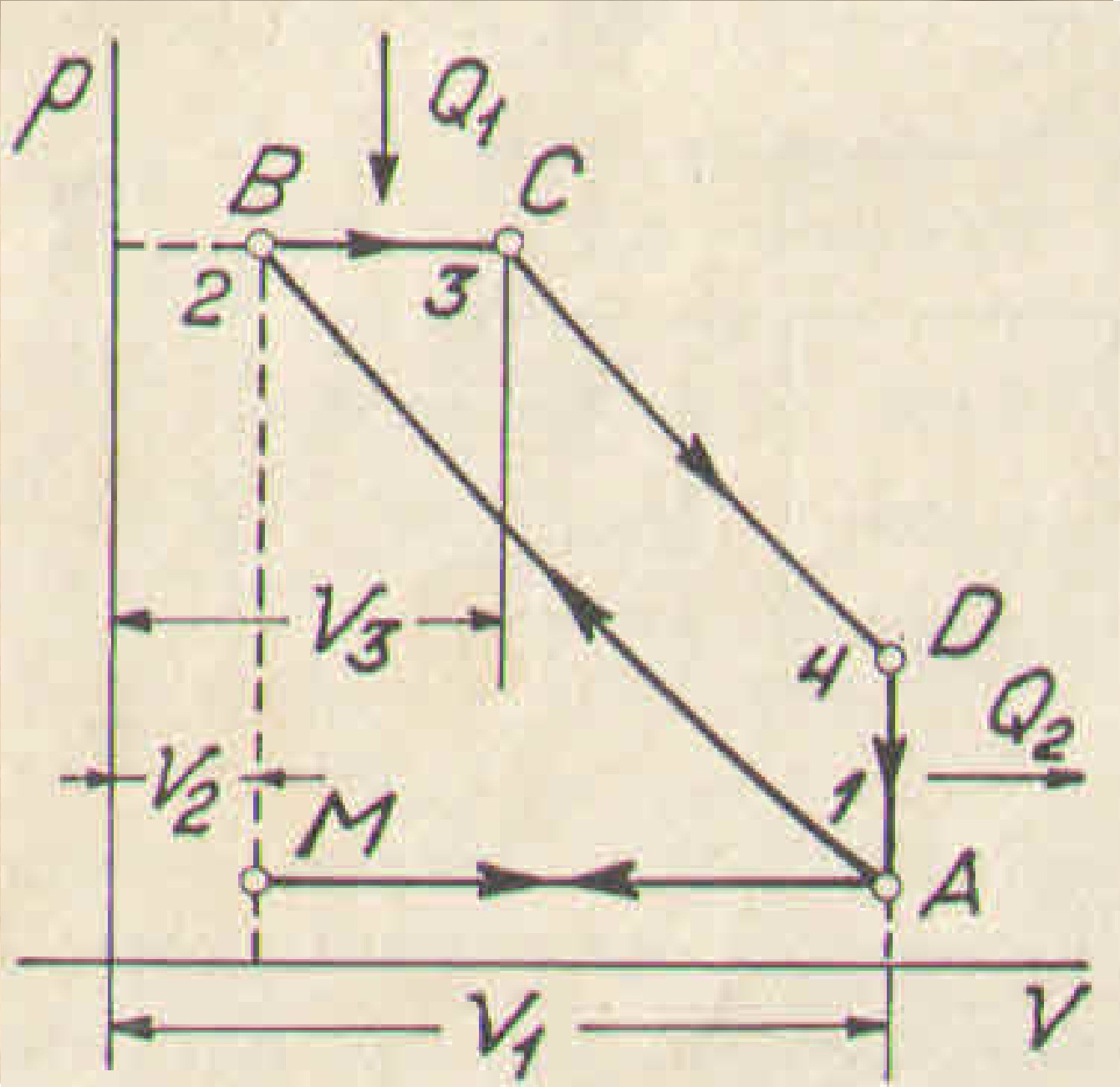
**Obs.:**- Para a demonstração, considerar a relação de compressão rv= conforme o diagrama (PxV) a seguir:



1. Para os motores de combustão por compressão, o ciclo teórico de referência é o **Ciclo Diesel**.

**Demonstrar a fórmula que permite calcular seu Rendimento Térmico.**

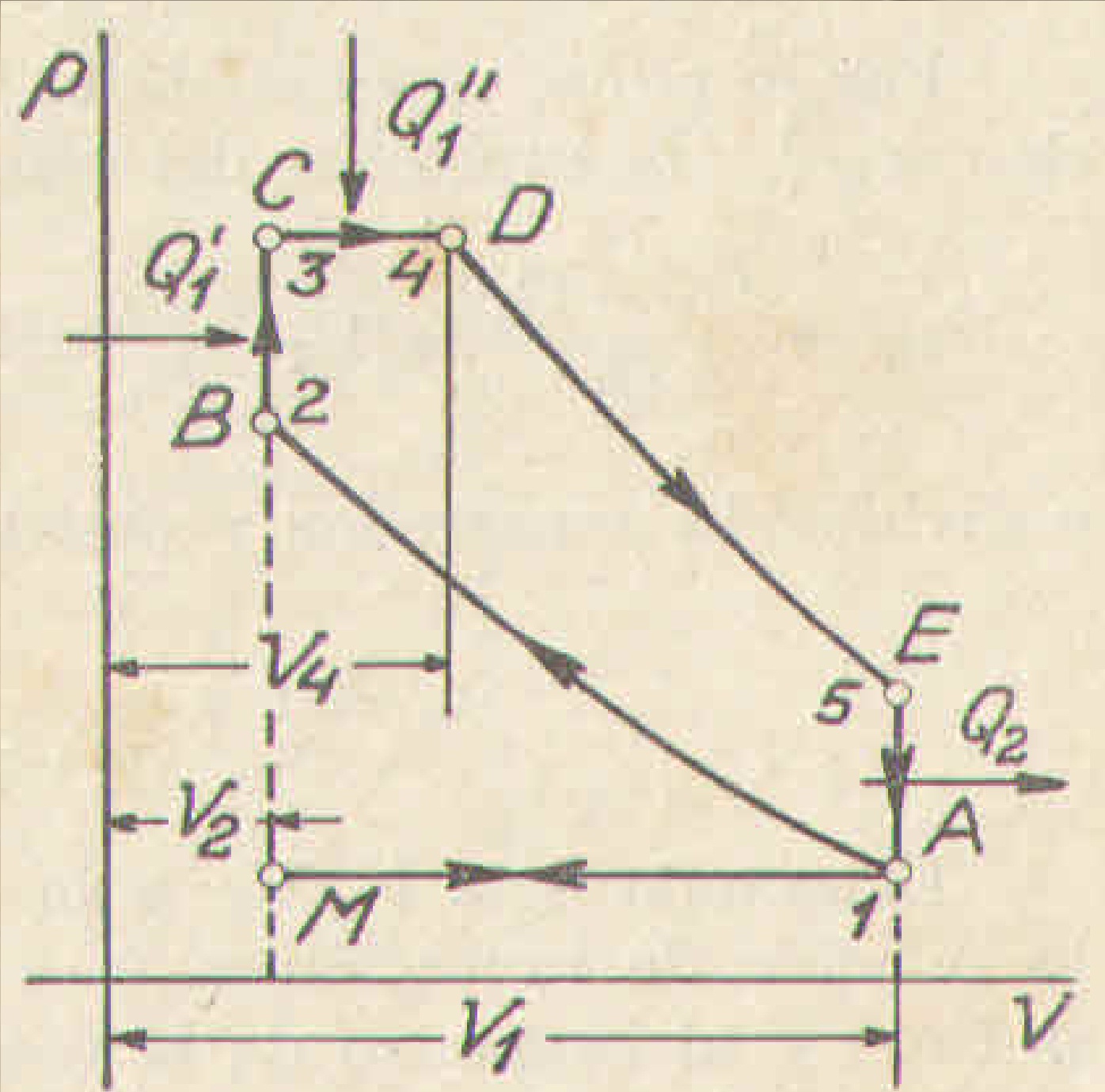
**Obs.:-** Para a demonstração, considerar a relação de compressão rv= e a relação volumétrica de injeção φ=, conforme o diagrama (PxV) a seguir:



1. Sabe-se que os ciclos reais se aproximam do ciclo teórico **Misto ou “Sabathé”**.

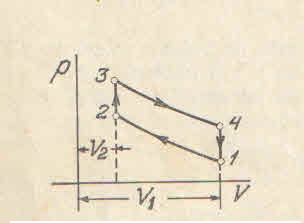
**Demonstrar a fórmula que permite calcular seu Rendimento Térmico.**

**Obs.:-** Para a demonstração, considerar a relação de compressão rv = , a relação de injeção φ= e a relação das pressões δ =  conforme o diagrama (PxV) a seguir:



1. Num ciclo Otto, a temperatura inicial e final da compressão são respectivamente 30°C e 405°C.

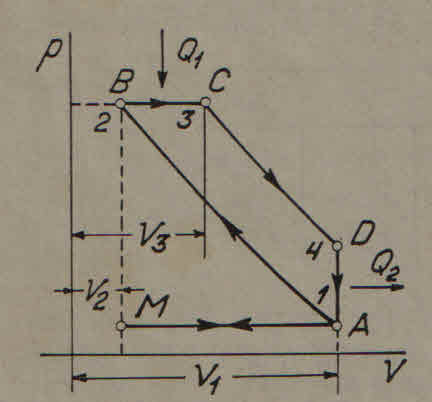
Calcular a relação de compressão e o rendimento térmico do ciclo, sendo k = 1,4 tanto para a compressão como para a expansão.

**Com base nestes dados, pede-se**:-

1. A relação de compressão do ciclo rv.
2. O rendimento térmico do ciclo ηtid em %.
3. Considerando o ciclo teórico Diesel padrão a Ar conforme a figura a seguir, onde a pressão e a temperatura em (1) são respectivamente; 1,0kgf/cm2 e 50°C, enquanto que em (2) no final da compressão a pressão atinge 40kgf/cm2.

Tratando-se de ciclo teórico a compressão e a expansão são adiabáticas e o calor fornecido ao ciclo na razão de 400kcal/kg.

**Obs.:-** Considerar:- RAr = 29,27 kgfm/kgK, cv = 0,171kcal/kgK; tanto na compressão como na expansão

****

**Nestas condições pede-se:**

1. As pressões, temperaturas e volumes, [kgf/cm2, °C e m3/kg], em cada ponto do ciclo.
2. As relações de compressão e de injeção.
3. A quantidade de calor fornecida à fonte fria [kcal/kg].
4. O trabalho mecânico realizado pelo ciclo [kgfm/kg].
5. O rendimento térmico do ciclo [%].
6. Uma máquina térmica alternativa, de êmbolos, descreve um Ciclo Misto Semi-Diesel ou “Sabathé”, tendo como fluido circulante 1,0kg de Ar, aqui considerado como gás perfeito, recebendo da fonte quente 386kcal/kgAr.

As condições de evolução no ciclo são dadas a seguir:

a) Relação de compressão volumétrica rv = 11/1

b) Expoentes das curvas de compressão e expansão nc = ne = cp/cv

c) Condições do Ar no início da compressão t = 30oC e p = 1,0BAR

d) Considerar ainda RAr = 29,27kgfm/kgK e calor específico do Ar cpAr = 0,2388kcal/kgK

e) **FORMULÁRIO**

1 kcal = 427kgfm cp-cv = AR (relação de Mayer) q = c x ∆T p x v = R x T TK = oC + 273

P x v = R x T p x (v)n = cte

No Ciclo Misto os calores qv e qp fornecidos pela fonte quente, têm valores iguais a metade do calor fornecido ao ciclo.

**Nestas condições**;

Determinar as características de *pressões* [kgf/cm2], *temperaturas* [oC] e *volumes* [m3/kg] de cada ponto do diagrama P x V e o *Rendimento Térmico do Ciclo* ηt em [%]

P

Qp 3,4

3

4

Qv 2,3

V4

ne

2

5

V2

qv 5,1

nc

A

1

V1

V (v)

1. Para um motor alternativo de 4 cilindros com diâmetro e curso de 82x78mm e relação de compressão rv = 8,5. **Pede-se determinar:**
2. O volume de cilindrada do motor [cm3]
3. O volume da câmara de combustão [cm3]
4. O volume total de um cilindro [cm3]
5. Um motor de 6 cilindros tem cilindrada de 5,2litros. O diâmetro dos cilindros é 102mm e o volume da câmara de combustão é 54,2cm3. **Pede-se:**

a) O curso dos êmbolos [mm]

b) A taxa de compressão rv

c) O volume total de um cilindro [cm3]

1. Um motor de 4 cilindros tem taxa de compressão rv = 8,0. O diâmetro dos cilindros é 78mm e o curso é 82mm. Deseja-se aumentar a taxa de compressão para rv = 12 sem alterara o volume de cilindrada do motor. De que espessura, o cabeçote deve ser rebaixado, sem se preocupar com possíveis interferências?
2. Um motor de 6 cilindros tem volume de cilindrada de 4.800cm3. O diâmetro dos cilindros é 100mm. Deseja-se alterar a cilindrada para 5.400cm3 sem se alterar o curso dado pelo virabrequim. Qual deverá ser o novo diâmetro dos cilindros em [mm]?
3. Um motor de 6 cilindros, quatro tempos, simples efeito, com ” de diâmetro e curso de ”, foi ensaiado num dinamômetro elétrico, cujo braço mede 0,7162m (medido até o centro do dinamômetro).

O teste indicou que para 3.300rpm, o esforço exercido na escala da balança era de 27,3kgf. Imediatamente após este teste o motor foi girado pelo dinamômetro, mantendo-se as mesmas condições de temperatura do óleo de lubrificação e da água de refrigeração, à rotação de 3.300rpm. A leitura na escala foi então de 11kgf.

**Pede-se determinar:**

1. A constante do dinamômetro (K)
2. A potência efetiva desenvolvida pelo motor [CV]
3. A potência de atrito e a indicada real [CV]
4. O rendimento mecânico [%]
5. O momento torcedor [kgfm]
6. O volume de cilindrada do motor [l]
7. A pressão média efetiva [kgf/cm2]
8. A pressão média indicada [kgf/cm2]
9. O consumo horário de etanol em [kg/h]; com pci = 6.400kcal/kg e um rendimento global de 25%
10. A velocidade média dos êmbolos [m/s]
11. Um motor Diesel de quatro cilindros, quatro tempos, simples efeito, tem o diâmetro dos cilindros igual a 76% do curso. Durante o ensaio, desenvolveu uma potência máxima de 85CV a 2.800rpm e um torque máximo de 24kgfm a 1.800rpm.

Na condição de potência máxima, observou-se que a velocidade média dos êmbolos era de 11,9m/s e um consumo de 22litros/hora de óleo Diesel, com pci = 10.200kcal/kg e peso específico de γ = 830kg/m3.

**Pede-se determinar:**

1. O diâmetro dos cilindros e o curso dos êmbolos [mm]
2. O volume de cilindrada do motor [l]
3. A pressão média efetiva [kgf/cm2]
4. O rendimento efetivo [%]
5. A potência efetiva, na condição de torque máximo [CV]
6. No problema anterior, sabendo-se que a temperatura no final da compressão é de 627oC, a relação de compressão é de rv = 17/1, a pressão do ar no final da admissão é de 0,75kgf/cm2 e que a compressão se dá segundo uma transformação politrópica com n = 1,35.

**Pede-se determinar:**

1. A temperatura do ar no final da admissão [°C]
2. A pressão do ar no final da compressão [kgf/cm2]
3. O rendimento volumétrico, considerando pamb = 1,0 kgf/cm2 e tamb = 20 oC [%]
4. Um motor de 4 tempos, simples efeito, foi ensaiado em dinamômetro e a 4.000rpm forneceu a indicação de uma força, na balança do dinamômetro, de 34kgf, apresentando consumo específico de 0,240kg/CVh.

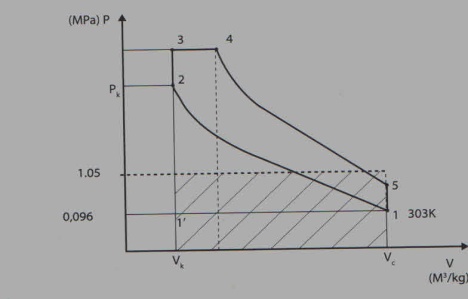
O braço do dinamômetro mede 0,8 metros e na mesma rotação o motor foi acionado pelo dinamômetro, apresentando a indicação de uma força de 9,0kgf.

O motor tem volume de cilindrada de 4,0 litros e a relação Combustível/Ar, calculada com os dados das vazões observadas, foi de 8,0%.

As condições de entrada do Ar no purificador foram p = 1,0kgf/cm2 e t = 27°C e o combustível usado tinha pci = 10.000kcal/kg.

**Nestas condições, pede-se determinar:**

1. As potências Efetiva Ne, de atrito Nat e indicada Ni, em [CV] e o rendimento mecânico ηm em [%]
2. O rendimento global ηg ou ηe, e os rendimentos térmico indicado e o efetivo ηti, ηte em [%]
3. O consumo de Ar em [kg/h]
4. O rendimento volumétrico em [%]
5. O ciclo real de um motor Diesel de 4tempos com volume de cilindrada de 7 litros (7.0), operando a 2.400rpm se aproxima do ciclo teórico representado na figura a seguir, na qual o retângulo desenhado tem a mesma área do ciclo. A taxa de compressão é 17 e a eficiência térmica é 59,7%, quando 26,3% do calor é fornecido a volume constante. Adota-se que o fluido, em evolução no ciclo, tenha k = 1,35 e R = 24,5kgfm/kgK (240J/kgK).



**Nestas condições; pede-se determinar:**

1. Os valores das pressões p[kgf/cm2 e Pa], temperaturas t[°C e K] e volumes v[m3/kg] nos principais pontos do ciclo;
2. A potência do ciclo [CV];
3. O trabalho de expansão [kgm];
4. Para garantir a operação das válvulas e escapamento, a temperatura de escape não deve passar de 720°C. Caso isto ocorra o que pode ser feito para não ultrapassá-la?
5. Com temperatura inferior a 720°C e mantendo-se o consumo de combustível, qual será a eficiência térmica?
6. Um motor de oito cilindros em V, de quatro tempos, simples efeito, com cilindros de diâmetro = 95mm e êmbolos com cursos de 84mm, foi ensaiado em dinamômetro, desenvolvendo potência de 125CV a 4.000rpm, com consumo de 55litros/hora de álcool anidro de massa específica γ = 797kg/m3. Durante o ensaio, a força indicada na balança do dinamômetro foi de 80kgf.

**Pede-se determinar:**

1. O volume de cilindrada do motor [l]
2. O braço do dinamômetro [mm]
3. O momento de torção do motor [kgfm]
4. O consumo específico de combustível [kg/CVh]
5. A pressão média efetiva [kgf/cm2]
6. A reação estequiométrica do álcool com o Ar, considerar o Ar (O2 + 3,76 N2)
7. O balanço das massas dos reagentes e produtos envolvidos na reação
8. A relação Ar/ Combustível
9. A quantidade de ar aspirado pelo motor [kg/h]
10. Estimar o novo volume de cilindrada, considerando que o motor tem taxa de compressão rv = 12.
11. Considerando que um motor de combustão interna deverá operar com metanol CH3OH.

**Pede-se determinar:**

1. A reação estequiométrica deste combustível reagindo com o Ar (O2 + 3,7585 N2)
2. O balanço das massas dos reagentes e produtos envolvidos na reação
3. A relação Ar/ Combustível estequiométrica
4. Os teores, em [%] de massas e volumes, dos gases resultantes da combustão.
5. No problema anterior, considerando-se a reação com falta de Ar de 10%.

**Pede-se determinar:**

1. A reação do combustível, com Ar (O2 + 3,7585 N2)
2. O balanço das massas dos reagentes e produtos envolvidos na reação
3. A relação Ar/ Combustível
4. Os teores, em [%] de massas e volumes, dos gases resultantes da combustão.

**RESPOSTAS:**

|  |  |
| --- | --- |
| **PROBLEMAS TERMODINÂMICA (1 a 10)** | |
| 1 | 78,5kgfm; 769,7J; 569,4lbpé |
| 2 | 398kcal/kg |
| 3 | 12kcal |
| 4 | 12,9kcal/s |
| 5 | R = 29,5kgfm/kgK; k = 1,4 |
| 6 | V = 17,29m3, v = 0,864m3/kg |
| 7 | u = 5,13kcal/kg; U = 102,6kcal, h = 7,2kcal/kg; H = 144kcal. |
| 8 |  |
| 9 |  |
| 10 |  |

|  |  |
| --- | --- |
| **PROBLEMA NO 11** | |
| Quesitos | Respostas |
| a | Rv ≅ 7,5 |
| b | ηtid = 55,32% |

|  |  |
| --- | --- |
| **PROBLEMA NO 12** | |
| Quesitos | Respostas |
| Ponto 1 | p1 = 1,0kgf/cm2, t1 = 50OC, v1 = 0,945m3/kg |
| Ponto 2 | p2 = 40kgf/cm2, t2 = 654OC, v2 = 0,068m3/kg |
| Ponto 3 | p3 = 40kgf/cm2, t3 = 2.321OC, v3 = 0,190m3/kg |
| Ponto 4 | p4 = 4kgf/cm2, t4 = 1.018OC, v4 = 0,945m3/kg |
| Relação de Compressão rv = 14:1e relação de injeção φ = 2,8 | |
| Calor fornecido a fonte fria q2 = 165,5kcal/kg | |
| Trabalho mecânico realizado pelo ciclo = 101.839,5kgfm/kg | |
| Rendimento térmico do ciclo ηc = 60% | |

|  |  |
| --- | --- |
| **PROBLEMA NO 13** | |
| Quesitos | Respostas |
| Ponto 1 | P1 = 1,0BAR = 1,02kgf/cm2, t1 = 30°C, v1 = 0,870m3/kg |
| Ponto 2 | P2 = 28,8BAR = 29,42kgf/cm2, t2 = 521,2°C, v2 = 0,079m3/kg |
| Ponto 3 | P3 = 70,0BAR = 71,4kgf/cm2, t3 = 1.654,5°C, v3 = 0,079m3/kg |
| Ponto 4 | P4 = 70,0BAR = 71,4kgf/cm2, t4 = 2.462,2°C, v4 = 0,112m3/kg |
| Ponto 5 | P5 = 3,9BAR = 4,0kgf/cm2, t5 = 930,6°C, v5 = 0,870m3/kg |
| Rendimento Térmico | ηt = 60,27% |

|  |  |
| --- | --- |
| PROBLEMA NO 14 | |
| Quesitos | Respostas |
| a | 1.648cm3 |
| b | 55cm3 |
| c | 467cm3 |

|  |  |
| --- | --- |
| **PROBLEMA NO 15** | |
| Quesitos | Respostas |
| a | 106,1mm |
| b | 17 |
| c | 920,87cm3 |

|  |  |
| --- | --- |
| **PROBLEMAS** | |
| ProblemasNos | Respostas |
| 16 | 4,3mm |
| 17 | 106mm |

|  |  |
| --- | --- |
| **PROBLEMA NO 18** | |
| Quesitos | Respostas |
| 1 | 1/1000 |
| 2 | 90CV |
| 3 | 36,3 e 126,3CV |
| 4 | 71,3% |
| 5 | 19,55kgfm |
| 6 | 3.546cm3 (3,5litros) |
| 7 | 6,92kgf/cm2 |
| 8 | 9,71kgf/cm2 |
| 9 | 35,6kg/h |
| 10 | 10,5m/s |

|  |  |
| --- | --- |
| **PROBLEMA NO 19** | |
| Quesitos | Respostas |
| 1 | 97 x 128mm |
| 2 | 3.784cm3(3.8litros) |
| 3 | 7,22kgf/cm2 |
| 4 | 28,8% |
| 5 | 60,3CV |

|  |  |
| --- | --- |
| **PROBLEMA NO 20** | |
| Quesitos | Respostas |
| 1 | 61oC |
| 2 | 34,32kgf/cm2 |
| 3 | 65,79% |

|  |  |
| --- | --- |
| **PROBLEMA NO 21** | |
| Quesitos | Respostas |
| a | 152, 40, 192CV; 79,2% |
| b | 26,3, 33,3, 26,3% |
| c | 456kg/h |
| d | 83,4% |

|  |  |
| --- | --- |
| **PROBLEMA NO 22** | |
| Quesitos | Respostas |
| a - Valores das pressões, temperaturas e volumes nos pontos | Ponto 1 - [0,979kgf/cm2 / 96kPa; 30°C / 303K; 0,759m3/kg]  Ponto 2 - [44,9kgf/cm2 / 4.400kPa; 544°C / 817K; 0,0446m3/kg]  Ponto 3 - [71,3kgf/cm2 / 7MPa; 1.025°C / 1.298K; 0,0446m3/kg]  Ponto 3A - [71,3kgf/cm2 / 7MPa; 2.023°C / 2.296K; 0,0789m3/kg]  Ponto 4 - [3,4kgf/cm2 / 329kPa; 767°C / 1.040K; 0,759m3/kg] |
| b – A potência dada pelo ciclo | Nc = 199,7 ≅ 200CV ≅ 147kW |
| c – O trabalho de expansão | Lexp = 1.101kgfm = 10.803Nm |
| d – Redução da Temperatura de escapamento | A redução da temperatura de escapamento foi obtida aumentando-se o aquecimento a volume cte, onde a temperatura final atingiu 2.373°C e não 2.023°C, como anteriormente. |
| e – Nova Eficiência Térmica do ciclo | ηtc = 62,8% |

|  |  |
| --- | --- |
| **PROBLEMA NO 23** | |
| Quesitos | Respostas |
| 1 | 4.763cm3 (4,8litros) |
| 2 | 280mm |
| 3 | 22,38kgfm |
| 4 | 0,351kg/CVh |
| 5 | 5,9kgf/cm2 |
| 6 | C2H6O + 3 (O2 + 3,76 N2)→2CO2 + 3 H2O + 11,28 N2 |
| 7 | Mr = Mp = 457,84kg |
| 8 | 8,95kgar/kgcomb |
| 9 | 392kg/h |
| 10 | 6.379,11cm3 ou 6,4litros |

|  |  |
| --- | --- |
| **PROBLEMA NO 24** | |
| Quesitos | Respostas |
| 1 | CH4O + 1,5 (O2 + 3,7585 N2) CO2 + 2 H2O + 5,637 N2 |
| 2 | Mp =Mr = 273,836kg |
| 3 | A/C = 6,43kgAr/kgCombustível |
| 4 | CO2 = 18,50, H2O = 15,14, N2 = 66,36 [%V/V]  CO2 = 11,58, H2O = 23,15, N2 = 62,27 % [m/m] |

|  |  |
| --- | --- |
| **PROBLEMA NO 25** | |
| Quesitos | Respostas |
| 1 | CH4O + 1,35(O2 + 3,7585 N2) 0,7CO2 + 0,3CO + 2H2O +5,074N2 |
| 2 | Mp =Mr = 217,27kg |
| 3 | A/C = 5,79kgAr/kgCombustível |
| 4 | CO2 = 8,67 CO = 3,72 H2O = 24,77 N2 = 62,84 [%V/V]  CO2 = 14,18 CO = 3,87 H2O = 16,57 N2 = 65,25 [m/m] |

### Curitiba, 28 de setembro de 2014

### asinatura jcl 1

### Prof. José Carlos Laurindo

DEMEC - UFPR.