Termodynamika

1. Na barometrze zaopatrzonej w podziałkę drewnianą odczytano spiętrzenie b0=742 mmHg ( w temp. 0C). Przyjmując przyspieszenie ziemskie 10 m/s2
2. wyrazić ciśnienie otoczenia w : barach , Tr, atm, kPa, MPa. Gęstość rtęci w 0C wynosi 13,595\*10^3 kg/m3
3. W zbiorniku znajduje się 250 kg etanu C2H6 , CH4, N2 , O2. Wyrazić tę ilość substancji w kmol , umf3  , gęstość normalną (kg/ um3)wiedząc , żeumowny ( normalny ) metr sześcienny jest to ilość substancji zawartej w 1 m3 umownych warunków , pod warunkiem że gaz zachowuje się jak gaz doskonały .Za warunki normalne przyjmuje się zwykle stan dla 00C , przy ciśnieniu 1 atm=760mmHg. Oznaczenie- um3 .. Zachodzi zależność : 1kmol dowolnego gazu zajmuje w tzw. warunkach normalnych 22,42 um3.
4. Wyznaczyć gęstość normalną C2H6 , CH4, N2 , O2, NH3.
5. Umowna gęstość substancji wynosi $ρ\_{u}=1,38 kg/um^{3}$. Określ Masę kilomolową.
6. Amoniak NH3 przepływa rurociągiem w ilości 12,5 kmol/s . Określ ilość amoniaku w kg/s
7. Manometr umieszczony w zbiorniku wskazuje nadciśnienie 2,5 bar (podciśnienie 0,5 bar) Ciśnienie otoczenia wynosi 101308 Pa . Oblicz ciśnienie bezwzględne panujące w zbiorniku w barach , Tr , Pa . Odp : P1=351308 Pa ,P2=51308Pa.
8. Do zbiornika dopływa przewodem rurowym azot , którego strumień gazu wynosi 2kg/s . Oblicz strumień gazu w kmol/h, średnicę rury d, jeśli prędkość przepływu wynosi 2 m/s , a gęstość azotu ρ=1,25 kg/m3. Odp: 257,14 kmol/h, d=1,01m.
9. Na powierzchni wody panuje ciśnienie 730 Tr . Oblicz ciśnienie bezwzględne panujące na głębokości 250 m pod zwierciadłem wody w mm Hg , barach . Odp:25,97 bar
10. Do wyparki dopływa strumień wodnego roztworu NaCl w ilości 4kg/s o stężeniu 20% (reszta to H2O) Określić ilość soli w kmol/s , dopływająca do wyparki w roztworze. Odp: 0,0137 kmol/s.
11. Dla 180 stopniowe skali Fahrenheita jest 00C - 32 0F1000C - 2120F określ wzór na zamianę 0C na 0 F. Temperaturę t=200C przedstawić w 0F i K. Obliczyć temperaturę dla której termometry Celsjusza i Fahrenheita wskazują tę samą temperaturę . Odp: t=-400C=-40 0F.
12. Wakuometr umieszczony w skraplaczu turbiny parowej pokazuje podciśnienie pm=-0,9 at . Jakie jest ciśnienie bezwzględne w skraplaczu jeśli ciśnienie barometryczne wynosi pb=760Tr.
13. W zbiorniku o objętości V=0,8 m3 znajduje się 2 kg powietrza. Jaka jest objętość właściwa i gęstość powietrza w tych warunkach.
14. W zbiorniku o V=0,8 m3 znajduje się powietrze o masie 2 kg. Jaka jest objętość właściwa i gęstość powietrza w tych warunkach. Jak się zmieni objętość i gęstość jeśli do sztywnego zbiornika V=0,8 m3 dopompujemy dodatkowo 5 kg powietrza,
15. Pompa przepompowała 50 kg H2O na wysokość H=7,5 m . Oblicz pracę pompy .
16. Turbina śmigłowa przekazuje przez wał moc do generatora prądu elektrycznego rys1. Powietrze o prędkości w1=10m/s i objętości właściwej v=0,858 m3/kg przepływa prze koło o średnicy D=10m opisane łopatkami wiatraka. Przyjmując stałą entalpię i=const oraz w2=0m/s za łopatami, oblicz moc oddawaną na wirnik wiatraka. Odp: 45,8kW.



1. W zbiorniku o objętości 0,5 m3 znajduje się sprężone powietrze ( tlen ; azot) o ciśnieniu odczytanym na manometrze pm=0,5Mpa i t=200C . Rpow=287 J/(kg K) .Obliczyć ilość powietrza ( w kg , kmol , um3)Ciśnienie otoczenia p0=0,1 Mpa . Odp: 3,55kg , 0,123 kmol , 2,76 um3
2. Oblicz objętość wł. normalną (760Tr , 273K) powietrza ( tlenu ; azotu) . Wykorzystaj fakt , że 1 kmol dowolnego gazu zajmuje w warunkach normalnych 22,42 m3.Odp: 0,833 m3/kg . Oblicz indywidualną stała gazowa R=MR/M=8314,47[J/(kmol K)]/ M [kg/kmol]
3. W zasobniku o objętości 200 dm3 znajduje się H2 w temperaturze 150C, pod ciśnieniem absolutnym 10 MPa. W wyniku wycieku wodoru ciśnienie zmniejszyło się do 7,5 MPa, a temperatura do 10 0C. Oblicz ile kmol wodoru i ile cząsteczek wodoru wyciekło z zasobnika? Odp.: 0,2 kmol, N=1,2\*10^12 cz

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

1. W zbiorniku o objętości 10 dm3 znajduje się sprężone mieszaniny objętościowe ( wagowe)5- procentowego dwutlenku węgla z azotem , 5% -wego tlenku węgla z azotem i 5-o procentowego roztwór ozonu z azotem o ciśnieniu odczytanym na manometrze pm=0,05Mpa i t=200C .Obliczyć ilość mieszanin ( w kg , kmol , um3)Ciśnienie otoczenia p0=0,1 Mpa .
2. Oblicz objętość wł. normalną (760Tr , 273K) roztworu gazowego o składzie molowym : 15% CH4 18%O2, 67%N2 . Wykorzystaj fakt , że 1 kmol dowolnego gazu zajmuje w warunkach normalnych 22,42 m3.Odp: 0,833 m3/kg .
3. Gęstość roztworu helu i azotu wynosi ρ=4,71 kg/m3 dla p=1,0Mpa , T=400K . RHe=2077,12J/(kg K) , RN=296,85 J/(kg K) . Podaj skład roztworu tj. gi,zi , wykorzystując związek zi= gi Ri/Rz i formułę na Rz. zHe=0,5142 , zN=0,4857 , gHe=0,1314 , gN=0,8686.
4. W mieszaninie gazów doskonałych :wodoru . tlenku węgla i metanu udział masowy wodoru wynosi 7%, metanu 25%. Oblicz stałą gazową mieszaniny oraz objętość właściwą i gęstość w temperaturze 400K , przy ciśnieniu manometrycznym 0,15 Mpa , jeśli ciśnienie otoczenia wynosi 10240 mmH2O. Odp:Rm≅623 J/(kg K), ρm=1,004 kg/m3, υm=0,996 m3/kg
5. Stała gazowa mieszaniny CO2,  N2 i O2 wynosi 250 J/(kg K). W mieszaninie o masie 150 kg znajduje się 35 kg N2. Oblicz masy i udziały objętościowe składników mieszaniny gazów doskonałych. Odp:mC02=39,45 kg,mO2=75,6 kg, rC02=zC02=0,2 kmol C02/kmol miesz.(m3 CO2/m3 miesz), r02=z02=0,52 kmol O2/kmol miesz . (O2/m3 miesz),, rN2=zN2=0,28 kmol N2/kmol miesz. (m3 N2/m3 miesz),
6. Oblicz strumień gazu płynącego w przewodzie rurowym o średnicy D=0,7m Skład molowy gazu :8%,CO2 , 4%H2O , 2% H2 ,28%CO , 58% N2.Nadciśnienie pm=0,11Mpa , T=550K , średnia prędkość przepływu w=30m/s , pot=0,1Mpa . Rozwiązać dwoma sposobami . RCO2=188,9 J/(kg K) , RH2O=461,42 J/(kg K), RH2=4124,36 J/(kg K), RCO296,85 J/(kg K), RN2=296,85 J/(kg K).Odp: n=0,530 kmol/s , G=15,037 kg/s

1. Blok aluminiowy , w którym ilość substancji m=150kg jest nagrzewany od T1=300K do T2=900K . Rzeczywista pojemność cieplna c=a+bT , gdzie a=0,745kJ/(kgK) , b=0,5x10-3 kJ/(kgK2).Oblicz ilość ciepła pobraną przez aluminium oraz średnią pojemność cieplną w rozważanym przedziale temperatur ? Odp?c⏐T2T1=a+ b(T1+T2)/2=1,045 kJ/(kgK),Q1-2=94,05 MJ
2. Wiedząc , że dla gazu dwuatomowego k=1,4 policzyć ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu i w stałej objętości dla tlenu , azotu, powietrza traktując go jak mieszaninę gazów doskonałych 21% O2+79N2.
3. Oblicz zmianę energii wewnętrznej (właściwej, jednostkowej) oraz zmianę entalpii właściwej( jednostkowej) dla tlenu i azotu, których temperatura zmieniła się w procesach a/ z 100K do 500K oraz b/ z 500K do 100K
4. Wiedząc , ze w procesie termodynamicznym – w przemianie izochorycznej – ciepło przemiany jest równe zmianie energii wewnętrznej czynnika roboczego, policz wartość tego ciepła dla powietrza zamkniętego w zbiorniku sztywnym o V= 2m3 . Pierwszy stan zmierzonych parametrów to ciśnienie absolutne p1=1 MPa , T1=200K a temperatura wzrosła do T2=400K. Ciepło to zostało pochłonięte czy oddane ? W drugim przypadku V=2m3  p1=1,5 MPa , T1=400K a temperatura zmalałaT2=200K. Ciepło przemiany jest dodatnie czy ujemne i co to oznacza?
5. Wiedząc , ze w procesie termodynamicznym – w przemianie izobarycznej- ciepło przemiany jest równe zmianie entalpii czynnika roboczego, policz wartość tego ciepła dla powietrza zamkniętego w zbiorniku z ruchomym denkiem pod ciśnieniem p=1 MPa gdy w pierwszym stanie V1= 2m3 i T1=200K a temperatura wzrosła do T2=400K. Ciepło to zostało pochłonięte czy oddane ? W drugim przypadku p=1 MPa V1= 2m3 i T1=400K a temperatura zmalała do T2=200K
6. W zbiorniku o V=0,05 m3 znajduje się idealny jednoatomowy gaz (χ=1,667) o parametrach początkowych p1=1,3 bar , t1=15 0C który rozpręża się do p2=1,8 bar . Oblicz ciepła zostanie pochłonięte w tej przemianie . Odp: QV1-2=3,75 kJ.
7. W cylindrze pionowym zamkniętym od góry tłokiem przesuwającym się bez tarcia znajduje się azot o parametrach początkowych 0,05m3 , 1,2 bar 15 0C . Wskutek doprowadzenia ciepła objętość wzrosła do 0,07 m3 . Oblicz ilość ciepła pochłoniętego w tej przemianie przez azot , który można potraktować jak gaz doskonały .Odp: Q1-2=8,4kJ.
8. Obliczyć pracę absolutną , techniczną i użytkową jaką wykonuje gaz w cylindrze jeśli pV=5 x 105 Pa. p1=1,0 Mpa , p2=0,15 Mpa . Ciśnienie otoczenia 0,1 Mpa. Odp L1-2=11,5x 105 J , Lt 1-2=11,5 105 J
9. Zależność ciśnienia od objętości określa równanie pV2 = idem . Początkowo jest p1=0,2Mpa , V1=1,5m3 , potem p2=2,0Mpa. Obliczyć pracę absolutną i techniczną .Odp L1-2=-6,5 x 105 J , Lt 1-2=- 13 x 105 J
10. Gaz w sprężarce sprężono odwracalnie wg funkcji pv=const od stanu p1=100kPa i v1=3m3/kg do stanu o p2=400kPa . Oblicz pracę techniczną właściwą. Odp: lt1-2=-416 kJ/kg

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

**Przemiany**

1. Azot przepływając przez nagrzewnicę , przy stałym ciśnieniu 100kPa , zostaje nagrzany do temperatury 120 0C . Na wlocie do nagrzewnicy ma temperaturę 200C . Strumie2ń przepływającego azotu wynosi 0,6 kg/s. Traktując azot jako gaz dwuatomowy doskonały oblicz.
	1. strumień objętościowy azotu o parametrach jak za nagrzewnicą , ciepło właściwe przy stałej objętości cv
	2. przyrost energii wewnętrznej właściwej , przyrost entalpii własciwej , moc cieplną nagrzewnicy

Odp:

1. Gaz zawarty w maszynie tłokowej ma ciśnienie p1=100kPa Gdy tłok był unieruchomiony doprowadzono ciepło odwracalnie , w wyniku czego ciśnienie wzrosło dwukrotnie . Zwolniono tłok i gaz rozprężył się odwracalnie wg zależności pV1,5=const osiągając objętość V3=3,2 m3. Następnie gaz oziębił się odwracalnie przy stałym ciśnieniu p3=p1 do momentu powrotu tłoka do stanu początkowego . Oblicz pracę obiegu jako sumę prac bezwzględnych poszczególnych przemian . Narysować przemiany na wykresie p-V. Odp: L1-2=0kJ, L2-3=168 kJ, L3-1=- 188 kJ L0=50kJ
2. W cylindrze rozprężarki znajduje się azot . Ciśnienie manometryczne pm1=4,9 Mpa, T1=600K.Na skutek ekspansji politropowej o wykładniku n=2 , objętość azotu wzrosła z V1=0,1m3 do V2=0,2m3. Oblicz pracę absolutną i techniczną , ciepło przemiany, ciepło właściwe . Ciśnienie otoczenia pot=0,1MpaOdp:Ln1-2=250kJ, L tn1-2=500kJ, Qn1-2=3757kJ,cn=436,3J/(kgK)
3. 28. Turbina śmigłowa przekazuje przez wał moc do generatora prądu elektrycznego rys1. Powietrze o prędkości w1=10m/s i objętości właściwej v=0,858 m3/kg przepływa prze koło o średnicy D=10m opisane łopatkami wiatraka. Przyjmując stałą entalpię oraz w2=0m/s za łopatami, oblicz moc oddawaną na wirnik wiatraka. Odp: 45,8kW.



Rys.1

1. 29. Poziomą dyszą rys.2 przepływa płyn stałym strumieniem  pod wpływem różnicy ciśnień na wlocie i wylocie. Na wlocie dyszy p1=2Mpa entalpia właściwa h1=800kJ/kg i prędkość w1=25m/s. Na wylocie p2=0,2Mpa , h2=500kJ/kg. Obliczyć prędkość płynu na wylocie z dyszy. Odp:w2=548m/s.



Rys.2

########################################################################

ENTROPIA

1. 31.Oblicz przyrost entropii tlenu znajdującego się w szczelnej butli o pojemności 50l, jeśli warunki początkowe to ciśnienie bezwzględne p1=8Mpa, T=300K, a ciśnienie końcowe bezwzględne to p2=8,5Mpa. Tlen traktować jak gaz doskonały.
2. 32.Udowodnić , że izentropę da się przedstawić jako prostą prostopadłą do odciętych w układzie T-s. Skorzystaj z I Zasady Termodynamiki i definicji entropii.
3. 33. System zawierający m=0,5 kg miedzi o temperaturzeT1=50C podczas izobarycznego nieodwracalnego ogrzewania przez otoczenie o temperaturze T0=230C osiągnął stan równowagi. Obliczyć zmianę entropii otoczenia , miedzi oraz sumaryczną zmianę entropii układu miedź-otoczenie. Średnie ciepło właściwe dla miedzi cp Cu=0,38kJ/(kgK). Odp: ΔS ot=-11,6kJ/K, ΔSCu=11,9 kJ/K, ΔSu=0,3kJ/K

PARA WODNA

43. W zbiorniku o objętości 2,5 m3 znajduje się 50 kg pary nasyconej o ciśnieniu 10 bar Oblicz stopień suchości pary . Odp. : 0,253

44. W zbiorniku znajduje się 80 kg pary nasyconej o ciśnieniu 15 bar . Ciecz zajmuje 5 % objętości zbiornika . Obliczyć :

1) stopień suchości pary

2) objętość zbiornika Odp.: V=1,58 m3 , x=0,143

45. Para przegrzana znajduje się pod stałym ciśnieniem . Parametry początkowe : p=0,35 bara ,t=150 0C . Zostaje ona podgrzana do temperatura końcowa tk=3000C . Znaleźć jednostkowe ciepło przemiany oraz właściwą pracę techniczną .

46.W idealnej turbinie para ekspanduje izentropowo od stanu o p1=2,0 Mpa i t1=5000Cprzed turbiną do ciśnienia p2=0,008 Mpa w skraplaczu . Określić z wykresu i-s parametry stanów skrajnych przemiany , właściwą pracę techniczną turbiny i moc turbiny, jeśli natężenie przepływu pary wynosi 50 t/h Odp.:lt ,s1-2=1146 kJ/kg , N=15,95 kW

48.Para o parametrach 10bar , 250 0C i 0,05 m3 podlega zamkniętej przemianie izotermicznej do ciśnienia końcowego 1 bar . Obliczyć ciepło pochłonięte podczas przemiany oraz wykonaną pracę bezwzględną . Odp :QT1-2=124,4 kJ , LT1-2=118,8 kJ.

49.W naczyniu ciśnieniowym o stałej objętości znajduje się para wodna o ciśnieniu 0,1 MPa i stopniu suchości x=0,8 . Na skutek grzania temperatura wzrosła do 600 0C. Określić parametry stanów skrajnych, obliczyć jednostkowe ciepło przemiany oraz właściwą pracę przemiany . Odp.:qv1-2=1233kJ/kg , ltv1-2=252 kJ/kg.

POWIETRZE WILGOTNE

Zad.1

 Z równania Clapeyrona wyprowadzić wzór na stopień zawilżenia X . Wiedząc , że Mg = 28,96 kg/kmol oraz Mp = 18,016 kg/kmol doprowadzić powyższy wzór do postaci :  . W jakim zakresie ciśnień obowiązuje ten wzór ?

Zad.2

 W temperaturze 310 K wilgotny gaz ma ϕ = 50 % . Korzystając z wykresu i-X podać dla tego gazu :

- stopień zawilżenia X

- entalpię właściwą i1+X

- ciśnienie składnikowe pary pp

- podać ciśnienie nasycenia pn dla temperatury gazu oraz Xn

- dla odczytanego z wykresu stopnia zawilżenia X podać co będzie jeśli temperatura obniży się izobarycznie do 296 K

- podać temperaturę punktu rosy TR

Zad.3

Wyprowadź wzór na stałą gazową powietrza wilgotnego , traktując je jak mieszaninę powietrza suchego i pary wodnej ? 

Zad.4

 Przedstaw schematycznie proces izobarycznego ochładzania powietrza wilgotnego. Załóżmy , że powietrze o temperaturze 310 K i X=20 g/kg p. s. zostało izobarycznie ochłodzone do temperatury 296 K Podaj temperaturę TR , ilość wykroplonej wody oraz ciepło oddane podczas izobarycznego ochładzania z jednostkowej masy gazu mg ?

( 2 g , 20 kJ )

Zad.5

 Wilgotne powietrze ma parametry : p=105 Pa , T=293 K , ϕ = 80 % , Rp=289,027J/kgK . Oblicz gęstość powietrza korzystając z równania Clapeyrona oraz wykresu i-X . ( ρp=1,2 kg/m3).

Zad.6



 W adiabatyczny sposób doprowadzono do strumienia wilgotnego parę wodną ( wodę ) o entalpii iw i została ona wymieszana z powietrzem tworząc roztwór jednorodny . Sporządzić bilans energii , bilans wody , oraz w oparciu powyższe bilanse wyprowadzić wzór na iw=Δi /ΔX . Co przedstawia sobą to wyrażenie ? Odpowiedź uzasadnij .

Zad.7

 Powietrze o parametrach T1=310 K ,ϕ1=0,5 zostało dowilżone adiabatycznie . W wyniku tego otrzymano powietrze o T2=304 K , X2=32g/kg p.s. Oblicz iw ?

Zad.8

 W psychrometrze termometr suchy wskazuje 308K zaś termometr mokry 299K Ciśnienie badanego powietrza wynosi 735 Tr . Za pomocą wykresu i-X wyznaczyć :

-wilgotność badanego powietrza

- jego stopień zawilżenia

- ciśnienie składnikowe pary

- temperaturę punktu rosy TR przy izobarycznym ochładzaniu

- co jeszcze można odczytać z wykresu mając podane ciśnienie powietrza ?

Zad.9

 Mieszane są ze sobą dwa gazy wilgotne . Pierwszy ma parametry i1= 150 kJ/kg ,

X1 = 40 g /kg g. s. ,mg1=3 kg/s . Drugi ma parametry : i2= 85 kJ/ kg , X2=16 g/kg g.s. , mg2=6k/s . Wyprowadź wzór : , korzystając z bilansu ilości gazu suchego , bilansu energii i bilansu wody . Podać parametry mieszaniny korzystając z wyprowadzonego wzoru oraz wykresu i-X .

 Zad.10

 Powietrze wilgotne o parametrach ϕ1=0,4 , X1 =10 g/kg g. s. , mg1=10 kg/s , miesza się z drugim gazem wilgotnym . Mieszanina zawierająca 20 kg gazu suchego/s ma parametry ϕm=0,5 , Xm=20 g/ kg g .s . Jakie parametry miał drugi gaz .

# Zad.11

Urządzenie klimatyzacyjne pobiera powietrze wilgotne o temperaturze 30 0C i wilgotności 90 % i ochładza je izobarycznie ( p = 100 kPa ) z równoczesnym usunięciem 7,8 g/kg p.s wilgoci. Obliczyć końcowe parametry powietrza (φ 2=1). Przebieg przemiany zaznaczyć na wykresie i–x .

Odp: i2 = 65,1 kJ/kg p.s, X2 = 16,9 g/kg p.s , t2 = 22 0C.

Zad.12

Stan powietrza wilgotnego w suszarni określono trzema termometrami „suchymi” / przed nagrzewnicą t1s = 5 0C, za nagrzewnicą t2s = 56 0C i za suszarnią t3s = 28 0C / oraz termometrem ”mokrym” za nagrzewnicą t2m = 24 0C.

Określić :

1) pozostałe parametry powietrza wilgotnego przed i za nagrzewnicą oraz za suszarnią,

2) ciepło doprowadzone w nagrzewnicy na 1 kg powietrza suchego,

3) przyrost wilgoci w powietrzu,

4) jednostkowe zużycie ciepła / na 1 kg odparowanej wilgoci /.

Zadanie rozwiązać przy użyciu wykresu i-x. Przebieg przemian zaznaczyć na wykresie i-x.

Odp: X1 = 5,2 g/kg p.s, i1 = 18 kJ/ kg p.s, i2 = 70 kJ/kg p.s, φ 2 = 0,85, X3 = 16,5 g/kg p.s,

φ 3 = 0,7, Δ X = 11,3 g/kg p.s , q 1-2 = 52 kJ/ kg p.s, q = 4601,8 kJ/kg.

## Zad.13

 Salę o wymiarach 5mx5mx4m wypełnia powietrze wilgotne o temperaturze T1=294 K. Gdyby powietrze to było ochładzane izobarycznie to para wykraplałaby się w temperaturze TR=284K. Wiedząc , że dla pary Rp=289 J/(kg K).Obliczyć masę pary znajdującą się w pomieszczeniu w temperaturze T1. Jaka masa pary wykropli się , gdy temperatura spadnie do T2=280K. Potraktować parę jak gaz doskonały. (odp:mp1=0,88kg, Δmp=0,11kg)