

Subiectul II: Apă și vaporii...

A. În cadrul unui experiment se utilizează un cilindru vertical, având aria secțiunii transversale $S = 1 \text{ dm}^2$ care conține pe fundul său o coloană de apă cu înălțimea $h_1 = 15 \text{ cm}$. Spațiul de deasupra coloanei de apă este umplut cu vaporii saturați de apă și este separat de mediul exterior cu un piston etanș. Distanța dintre suprafața inferioară a pistonului și nivelul apei este $h_2 = 50 \text{ cm}$ (vezi figura alăturată).

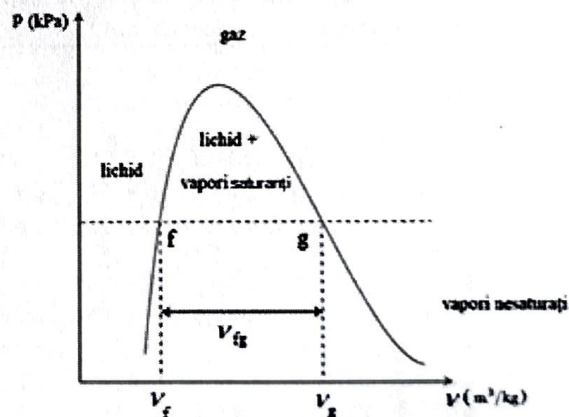


La temperatura la care se realizează experimentul, densitatea vaporilor saturați, aflați în echilibru termodinamic cu apa, este de $k = 5.44$ ori mai mică decât densitatea apei.

a.	Calculează cu cât trebuie deplasat pistonul pentru a reduce volumul ocupat de vaporii până la valoarea $V = 2 \text{ dm}^3$, dacă temperatura se menține constantă.	2.0 p
b.	Cât trebuie să fie deplasarea pistonului pentru ca vaporii să condenseze complet?	1.0 p

B. Comportamentul termodinamic al sistemelor compresibile simple poate fi analizat cu ajutorul unor diagrame (diagrame de fază) realizate în funcție de parametri intensivi independenți ai sistemului (presiunea p , temperatura T și volumul specific v), care evidențiază regiunile în care sistemul se găsește în fază solidă, lichidă sau de vaporii, regiunile de coexistență în echilibru a două faze sau așa numitul punct critic în care coexistă în echilibru toate cele trei faze.

Oricare doi dintre cei trei parametri intensivi independenți determină în mod unic starea sistemului. Un exemplu de diagramă de fază în coordonate (p, v) este prezentat în figura alăturată, și evidențiază așa numita cupolă a vaporilor (*vapor dome*) în interiorul căreia (așa numita zonă saturată) coexistă în echilibru fazele lichidă și de vaporii. Pe diagramă apar ca elemente de referință utile pentru analiza pe care o vom face în continuare volumele specifice la care dispare faza lichidă pură, v_f , respectiv începe faza pură de vaporii, v_g , precum și volumul specific al amestecului de faze, $v_{fg} = v_g - v_f$. Un alt parametru relevant pentru analiza sistemelor bifazice aflate în echilibru îl reprezintă fracția masică a fiecărei componente a amestecului. Pentru amestecurile lichid-vaporii, fracția masică a vaporilor este $x = m_g / (m_f + m_g)$.



Deși astfel de diagrame sunt utile pentru înțelegerea calitativă a legăturii dintre diferitele faze și proprietăți ale substanței, pentru analiza cantitativă se folosesc tabele sau baze de date care furnizează relații cantitative între proprietățile amestecului de faze. Un astfel de tabel, care conține datele pentru presiune, p , temperatură, T , volume specifice, v , energii interne specifice, u , și entropii specifice, s , în zona saturată pentru apa pură, este prezentat în anexa acestei probleme. Semnificația indicilor din tabel este cea care rezultă din figura anterioară.

c.	Exprimă fracția masică $x = m_g / (m_f + m_g)$ în funcție de volumele specifice ale amestecului și ale celor două faze aflate în echilibru.	0.5 p
----	---	-------

- Fiecare dintre cele 5 subiecte se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
- În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
- Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuția subiectelor către elevi.
- Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
- Fiecare subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.



MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
Olimpiada Națională de Fizică
Slobozia 10-15 aprilie 2025
BARAJ - SENIORI



Pagina 2 din 4

d.	Exprimă energia internă specifică și entropia specifică ale amestecului în funcție de valorile specifice corespunzătoare ale fiecărei componente și de fracția masică.	1.0 p
e.	Folosind datele din Anexă, determină valoarea temperaturii la care a avut loc experimentul descris la punctul A al problemei.	0.5 p
O masă $m = 1\text{ kg}$ de apă execută un ciclu Carnot. Dilatarea izotermă la temperatura ridicată începe în starea caracterizată prin presiunea $p_2 = 15\text{ atm}$ și fracția masică a vaporilor $x_2 = 0.25$ și se încheie când apa s-a transformat integral în vapori. Expansiunea adiabatică se execută până la presiunea $p_4 = 1\text{ atm}$.		
f.	Reprezintă schematic transformările suferite de amestecul lichid-vapori în coordonate (p, v) în interiorul zonei saturate.	0.5 p
g.	Detemină temperaturile între care are loc procesul, variația de energie internă, căldura și lucrul mecanic schimbate cu mediul pentru fiecare dintre transformările implicate în proces.	3.0 p
h.	Calculează randamentul ciclului pe baza căldurilor și lucrurilor mecanice calculate la cerința g).	1.0 p
i.	Compară randamentul calculat la cerința h) cu valoarea obținută cu formula clasică pentru randamentul unui ciclu Carnot.	0.5 p

Subiect propus de:

Conf. Univ. Dr. **Adrian NECULAE**, Facultatea de Fizică, Universitatea de Vest din Timișoara

1. Fiecare dintre cele 5 subiecte se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.



MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
Olimpiada Națională de Fizică
Slobozia 10-15 aprilie 2025
BARAJ - SENIORI



Pagina 3 din 4

ANEXĂ

Saturated water—Pressure table

Press., P kPa	Sat. temp., T_{sat} °C	Specific volume, m^3/kg		Internal energy, kJ/kg			Entropy, $kJ/kg \cdot K$		
		Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g	Sat. liquid, s_f	Evap., s_{fg}	Sat. vapor, s_g
1.0	6.97	0.001000	129.19	29.302	2355.2	2384.5	0.1059	8.8690	8.9749
1.5	13.02	0.001001	87.964	54.686	2338.1	2392.8	0.1956	8.6314	8.8270
2.0	17.50	0.001001	66.990	73.431	2325.5	2398.9	0.2606	8.4621	8.7227
2.5	21.08	0.001002	54.242	88.422	2315.4	2403.8	0.3118	8.3302	8.6421
3.0	24.08	0.001003	45.654	100.98	2306.9	2407.9	0.3543	8.2222	8.5765
4.0	28.96	0.001004	34.791	121.39	2293.1	2414.5	0.4224	8.0510	8.4734
5.0	32.87	0.001005	28.185	137.75	2282.1	2419.8	0.4762	7.9176	8.3938
7.5	40.29	0.001008	19.233	168.74	2261.1	2429.8	0.5763	7.6738	8.2501
10	45.81	0.001010	14.670	191.79	2245.4	2437.2	0.6492	7.4996	8.1488
15	53.97	0.001014	10.020	225.93	2222.1	2448.0	0.7549	7.2522	8.0071
20	60.06	0.001017	7.6481	251.40	2204.6	2456.0	0.8320	7.0752	7.9073
25	64.96	0.001020	6.2034	271.93	2190.4	2462.4	0.8932	6.9370	7.8302
30	69.09	0.001022	5.2287	289.24	2178.5	2467.7	0.9441	6.8234	7.7675
40	75.86	0.001026	3.9933	317.58	2158.8	2476.3	1.0261	6.6430	7.6691
50	81.32	0.001030	3.2403	340.49	2142.7	2483.2	1.0912	6.5019	7.5931
75	91.76	0.001037	2.2172	384.36	2111.8	2496.1	1.2132	6.2426	7.4558
100	99.61	0.001043	1.6941	417.40	2088.2	2505.6	1.3028	6.0562	7.3589
101.325	99.97	0.001043	1.6734	418.95	2087.0	2506.0	1.3069	6.0476	7.3545
125	105.97	0.001048	1.3750	444.23	2068.8	2513.0	1.3741	5.9100	7.2841
150	111.35	0.001053	1.1594	466.97	2052.3	2519.2	1.4337	5.7894	7.2231
175	116.04	0.001057	1.0037	486.82	2037.7	2524.5	1.4850	5.6865	7.1716
200	120.21	0.001061	0.88578	504.50	2024.6	2529.1	1.5302	5.5968	7.1270
225	123.97	0.001064	0.79329	520.47	2012.7	2533.2	1.5706	5.5171	7.0877
250	127.41	0.001067	0.71873	535.08	2001.8	2536.8	1.6072	5.4453	7.0525
275	130.58	0.001070	0.65732	548.57	1991.6	2540.1	1.6408	5.3800	7.0207
300	133.52	0.001073	0.60582	561.11	1982.1	2543.2	1.6717	5.3200	6.9917
325	136.27	0.001076	0.56199	572.84	1973.1	2545.9	1.7005	5.2645	6.9650
350	138.86	0.001079	0.52422	583.89	1964.6	2548.5	1.7274	5.2128	6.9402
375	141.30	0.001081	0.49133	594.32	1956.6	2550.9	1.7526	5.1645	6.9171
400	143.61	0.001084	0.46242	604.22	1948.9	2553.1	1.7765	5.1191	6.8955
450	147.90	0.001088	0.41392	622.65	1934.5	2557.1	1.8205	5.0356	6.8561
500	151.83	0.001093	0.37483	639.54	1921.2	2560.7	1.8604	4.9603	6.8207
550	155.46	0.001097	0.34261	655.16	1908.8	2563.9	1.8970	4.8916	6.7886
600	158.83	0.001101	0.31560	669.72	1897.1	2566.8	1.9308	4.8285	6.7593
650	161.98	0.001104	0.29260	683.37	1886.1	2569.4	1.9623	4.7699	6.7322
700	164.95	0.001108	0.27278	696.23	1875.6	2571.8	1.9918	4.7153	6.7071
750	167.75	0.001111	0.25552	708.40	1865.6	2574.0	2.0195	4.6642	6.6837

1. Fiecare dintre cele 5 subiecte se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.



MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
Olimpiada Națională de Fizică
Slobozia 10-15 aprilie 2025
BARAJ - SENIORI



Pagina 4 din 4

Saturated water—Pressure table (Continued)

Press., P kPa	Sat. temp., T_{sat} °C	Specific volume, m^3/kg		Internal energy, kJ/kg			Entropy, kJ/kg · K		
		Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g	Sat. liquid, s_f	Evap., s_{fg}	Sat. vapor, s_g
800	170.41	0.001115	0.24035	719.97	1856.1	2576.0	2.0457	4.6160	6.6616
850	172.94	0.001118	0.22690	731.00	1846.9	2577.9	2.0705	4.5705	6.6409
900	175.35	0.001121	0.21489	741.55	1838.1	2579.6	2.0941	4.5273	6.6213
950	177.66	0.001124	0.20411	751.67	1829.6	2581.3	2.1166	4.4862	6.6027
1000	179.88	0.001127	0.19436	761.39	1821.4	2582.8	2.1381	4.4470	6.5850
1100	184.06	0.001133	0.17745	779.78	1805.7	2585.5	2.1785	4.3735	6.5520
1200	187.96	0.001138	0.16326	796.96	1790.9	2587.8	2.2159	4.3058	6.5217
1300	191.60	0.001144	0.15119	813.10	1776.8	2589.9	2.2508	4.2428	6.4936
1400	195.04	0.001149	0.14078	828.35	1763.4	2591.8	2.2835	4.1840	6.4675
1500	198.29	0.001154	0.13171	842.82	1750.6	2593.4	2.3143	4.1287	6.4430
1750	205.72	0.001166	0.11344	876.12	1720.6	2596.7	2.3844	4.0033	6.3877
2000	212.38	0.001177	0.099587	906.12	1693.0	2599.1	2.4467	3.8923	6.3390
2250	218.41	0.001187	0.088717	933.54	1667.3	2600.9	2.5029	3.7926	6.2954
2500	223.95	0.001197	0.079952	958.87	1643.2	2602.1	2.5542	3.7016	6.2558
3000	233.85	0.001217	0.066667	1004.6	1598.5	2603.2	2.6454	3.5402	6.1856
3500	242.56	0.001235	0.057061	1045.4	1557.6	2603.0	2.7253	3.3991	6.1244
4000	250.35	0.001252	0.049779	1082.4	1519.3	2601.7	2.7966	3.2731	6.0696
5000	263.94	0.001286	0.039448	1148.1	1448.9	2597.0	2.9207	3.0530	5.9737
6000	275.59	0.001319	0.032449	1205.8	1384.1	2589.9	3.0275	2.8627	5.8902
7000	285.83	0.001352	0.027378	1258.0	1323.0	2581.0	3.1220	2.6927	5.8148
8000	295.01	0.001384	0.023525	1306.0	1264.5	2570.5	3.2077	2.5373	5.7450
9000	303.35	0.001418	0.020489	1350.9	1207.6	2558.5	3.2866	2.3925	5.6791
10,000	311.00	0.001452	0.018028	1393.3	1151.8	2545.2	3.3603	2.2556	5.6159
11,000	318.08	0.001488	0.015988	1433.9	1096.6	2530.4	3.4299	2.1245	5.5544
12,000	324.68	0.001526	0.014264	1473.0	1041.3	2514.3	3.4964	1.9975	5.4939
13,000	330.85	0.001566	0.012781	1511.0	985.5	2496.6	3.5606	1.8730	5.4336
14,000	336.67	0.001610	0.011487	1548.4	928.7	2477.1	3.6232	1.7497	5.3728
15,000	342.16	0.001657	0.010341	1585.5	870.3	2455.7	3.6848	1.6261	5.3108
16,000	347.36	0.001710	0.009312	1622.6	809.4	2432.0	3.7461	1.5005	5.2466
17,000	352.29	0.001770	0.008374	1660.2	745.1	2405.4	3.8082	1.3709	5.1791
18,000	356.99	0.001840	0.007504	1699.1	675.9	2375.0	3.8720	1.2343	5.1064
19,000	361.47	0.001926	0.006677	1740.3	598.9	2339.2	3.9396	1.0860	5.0256
20,000	365.75	0.002038	0.005862	1785.8	509.0	2294.8	4.0146	0.9164	4.9310
21,000	369.83	0.002207	0.004994	1841.6	391.9	2233.5	4.1071	0.7005	4.8076
22,000	373.71	0.002703	0.003644	1951.7	140.8	2092.4	4.2942	0.2496	4.5439
22,064	373.95	0.003106	0.003106	2015.7	0	2015.7	4.4070	0	4.4070

1. Fiecare dintre cele 5 subiecte se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 5 ore din momentul în care s-a terminat distribuția subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.