۲-۱) مقداری جیوه به طور اتفاقی در یک اتاق بدون تهویه ریخته می‌شود و جیوه در ترک‌های کف اتاق گیر می‌کند. در صورتی که طبق استاندارد، حد مجاز تماس با جیوه در هوا $0.1\ mg/m^3$ باشد، آیا حداکثر غلظت جیوه در هوا در ۲۳ °C قابل قبول است؟

حل:

برای محاسبه‌ی غلظت جیوه موجود در هوا، ابتدا باید فشار بخار جیوه را در دمای ۲۳ °C محاسبه کنیم. با استفاده از داده‌های هند بوک Perry داریم:

دما (°C)	فشار بخار جیوه (bar)
20	1.729×10^{-6}
30	3.968×10^{-6}

درون یابی خطی

$$T = 23\ ^\circ C \quad \rightarrow \quad P_{Hg}^{sat} = 2.2\times10^{-6}\ bar$$

قانون دالتون (محاسبه‌ی جزء مولی جیوه در فاز بخار در فشارهای پایین):

$$y = \frac{P_{Hg}^{sat}}{P} = \frac{2.2\times10^{-6}}{1.013} = 2.17\times10^{-6}\frac{Kgmol\ Hg}{Kgmol\ Hg + Kgmol\ Air} \approx 2.17\times10^{-6}\frac{Kgmol\ Hg}{Kgmol\ Air}$$

حجم ویژه‌ی هوای درون اتاق در دمای ۲۳ °C و فشار اتمسفریک:

$$v = \frac{RT}{P} = \frac{8.314\times296.15}{1.013\times10^5} = 24.306\frac{m^3}{Kgmol}$$

غلظت جیوه در هوای اتاق:

$$C_{Hg} = 2.17\times10^{-6}\frac{Kgmol\ Hg}{Kgmol\ Air}\times\frac{1}{24.306}\frac{Kgmol\ Air}{m^3}\times200.6\frac{Kg\ Hg}{Kgmol\ Hg} = 17.9\times10^{-6}\frac{Kg\ Hg}{m^3}$$

$$C_{Hg} = 17.9\frac{mg\ Hg}{m^3} \gg PEL = 0.1\frac{mg\ Hg}{m^3}$$

روش دوم: فرض می‌کنیم بخارات جیوه در هوا گاز ایده‌ال هستند.

$$C_{Hg} = \frac{P_{Hg}^{sat}}{RT} = \frac{0.22\ pa}{8.314\times296.15} = 8.935\times10^{-5}\frac{mol\ Hg}{m^3}\times200.6\frac{gr\ Hg}{mol\ Hg} = 17.9\frac{mg\ Hg}{m^3}$$

با توجه به اینکه غلظت جیوه در هوای اتاق بسیار بیشتر از حد مجاز تماس می‌باشد، به هیچ وجه قابل قبول نیست.

۲-۲) در داخل محفظه‌های در بسته‌ای که دارای مقدار کمی اکسیژن هستند، احتمال بروز خوردگی وجود دارد. شدت خوردگی برای فولاد معمولی در هوای بسیار مرطوب حدود ۰٫۱۲۷ mm/yr و تابع مرتبه اولی از غلظت اکسیژن است. فرض کنید که واکنش خوردگی طبق معادله زیر صورت گیرد:

$$2Fe + \frac{3}{2}O_2 \rightarrow Fe_2O_3$$

مدت زمان لازم برای کاهش مقدار اکسیژن از ۲۱ درصد مولی تا ۱۹٫۵ درصد مولی را در یک ظرف کروی به قطر ۷٫۶ m تعیین کنید.

حل:

سطح آهن در تماس با اکسیژن در ظرف کروی به قطر داخلی ۷٫۶ m :

$$A = \pi d^2 = \pi(7.6)^2 = 181.46\ m^2$$

نرخ مصرف آهن: $0.127 \times 10^{-3}\frac{m}{yr} \times 181.46\ m^2 \times 7850\frac{Kg\ Fe}{m^3} \times \frac{1}{55}\frac{Kgmol\ Fe}{Kg\ Fe} \times \frac{1}{365}\frac{yr}{day} \times \frac{1}{24}\frac{day}{hr}$

$$= 3.7548 \times 10^{-4}\frac{Kgmol\ Fe}{hr}$$

نرخ مصرف اکسیژن : $3.7548 \times 10^{-4}\frac{Kgmol\ Fe}{hr} \times \frac{1.5}{2}\frac{Kgmol\ O_2}{Kgmol\ Fe} = 2.816 \times 10^{-4}\frac{Kgmol\ O_2}{hr}$

$$-r_{O_2} = -\frac{dC_{O_2}}{dt} = k \times C_{O_2} \quad \rightarrow \quad -\frac{dC_{O_2}}{C_{O_2}} = k \times dt \quad \overset{\int}{\rightarrow} \quad \ln\frac{(C_{O_2})_1}{(C_{O_2})_2} = k(t_2 - t_1)$$

محاسبه‌ی ثابت سرعت واکنش (k):

حجم ظرف کروی:

$$V = \pi\frac{d^3}{6} = \pi \times \frac{(7.6)^3}{6} = 229.8\ m^3$$

$$-\frac{dC_{O_2}}{dt} = 2.816 \times 10^{-4}\frac{Kgmol\ O_2}{hr} \times \frac{1}{229.8\ m^3} = 1.225 \times 10^{-6}\frac{Kgmol\ O_2}{m^3 hr}$$

با فرض ایده‌ال بودن هوای درون ظرف و قرار داشتن در دمای محیط ۲۱ °C داریم:

$$v_{(T_2)} = v_{(T_1)} \times \frac{T_2}{T_1} \rightarrow v_{(21\,^\circ C)} = 22.4 \times \frac{294.1}{273.1} = 24.12\ \frac{m^3}{Kgmol\ Air}$$

$$C_{O_2} = 0.21\frac{Kgmol\ O_2}{Kgmol\ Air} \times \frac{1}{24.12}\frac{Kgmol\ Air}{m^3} = 8.7 \times 10^{-3}\frac{Kgmol\ O_2}{m^3}$$

$$k = \frac{-\frac{dC_{O_2}}{dt}}{C_{O_2}} = \frac{1.225 \times 10^{-6}}{8.7 \times 10^{-3}} = 1.408 \times 10^{-4}\ hr^{-1}$$

$$\ln\frac{(C_{O_2})_1}{(C_{O_2})_2} = k(t_2 - t_1) \quad \rightarrow \quad \ln\frac{\frac{0.21}{24.12}}{\frac{0.195}{24.12}} = 1.408\times10^{-4}(t-0) \qquad \rightarrow t = 526.33\ \text{hr} \approx \mathbf{22}\ \text{days}$$

۲-۳) وینیل کلراید با حد تماس مجاز (PEL) ppm ۱ ، به میزان gr/min ۷/۵ در هوا تبخیر می‌شود. با فرض اینکه ضریب ایمنی برای اطمینان از رقت مناسب حداقل ۵ باشد، میزان جریان هوای مورد نیاز توسط سیستم تهویه برای رسیدن به PEL چقدر است؟

حل:

جریان هوای مورد نیاز برای تهویه را گاز ایده‌ال در دمای °C ۲۰ و فشار atm ۱ در نظر می‌گیریم.

نرخ تبخیر وینیل کلراید در هوا : $7.5\ \frac{\text{gr}}{\text{min}}\times\frac{1}{78}\frac{\text{gmol}}{\text{gr}} = 0.096\frac{\text{gmol}}{\text{min}}$

حد تماس مجاز $= 1$ ppm $\rightarrow$

نرخ جریان هوای مورد نیاز برای تهویه : $\dot{V}_{Air} = \dot{n}_{Air}\times\frac{RT}{P} = 0.096\times10^6\times\frac{8.314\times293.1}{1.013\times10^5} = 2309.34\frac{m^3}{min}$

با در نظر گرفتن ضریب اطمینان ۵ داریم:

$$\dot{V}_{Air} = 5\times2309.34\frac{m^3}{min}\times\frac{1}{60}\frac{min}{s} = \mathbf{192.5}\ \frac{m^3}{s}$$

۲-۴) مقدار حد تماس مجاز (PEL) بنزن برای ۸ ساعت قرار گرفتن در معرض آن ppm ۱ می‌باشد. اگر بنزن مایع با میزان ml/min ۲ در دمای °C ۲۲ و فشار kPa ۸۸ در هوا تبخیر شود، برای حفظ غلظت بنزن در حد کمتر از مقدار تماس مجاز میزان جریان تهویه هوا چقدر باید باشد؟

حل:

نرخ تبخیر بنزن در هوا : $2\ \frac{mL}{min}\times\frac{1}{10^6}\frac{m^3}{mL}\times879\frac{kg}{m^3}\times\frac{1}{78.1}\frac{kgmol}{kg} = 22.509\times10^{-6}\frac{kgmol}{min}$

حد تماس مجاز $= 1$ ppm $\rightarrow$

نرخ جریان هوای مورد نیاز برای تهویه :

$$\dot{V}_{Air} = \dot{n}_{Air}\times\frac{RT}{P} = (22.509\times10^{-6}\frac{kgmol}{min})\times10^6\times\frac{8314\frac{J}{kgmol.K}\times295.1K}{88\times10^3Pa} = \mathbf{627}\frac{m^3}{min}$$

۲-۵) ماسک‌های ایمنی شیمیایی از وسایل حفاظت شخصی هستند که برای جذب بخارها و گازهای مضر به کار می‌روند. بررسی‌ها نشان می‌دهند که عملکرد این ماسک‌ها شبیه به جذب کننده‌های بستر- ثابت است. رابطه تعمیم یافته جذب سطحی نشان می‌دهد که لگاریتم مقدار جذب شده با مقدار $(T/V)[log(fs/f)]$رابطه خطی دارد. در این رابطه T دما بر حسب کلوین، V حجم مولی ماده در نقطه جوش عادی بر حسب سانتی متر مکعب در گرم مول، f_s فوگاسیته اشباع (تقریباً برابر با فشار بخار)، f فوگاسیته بخار (تقریباً برابر با فشار جزیی) است. داده‌های جذب سطحی دی‌کلرو پروپان بر روی یک نوع زغال به شرح زیر است:

مقدار جذب شده (100g زغال/cm^3 مایع)	(T/V)[log(f_s/f)] (واحد مفروض)
۱	۲۱
۱۰	۱۱

اگر یک ماسک ایمنی حاوی ۱۰۰ g از این زغال باشد و عمل جذب زمانی متوقف شود که ۸۲ درصد ماده جاذب اشباع شده باشد، از این ماسک در غلظت ۷۵۰ ppm از دی‌کلرو پروپان، در دمای ۲۶٫۹ °C چه مدت می‌توان استفاده کرد؟ فرض کنید که شدت جریان هوای آلوده به درون ماده جاذب ۴۵ l/min باشد. حجم مولی دی‌کلرو پروپان را ۱۰۰ cm^3/gmol فرض کرد.

حل:

ابتدا باید رابطه‌ی دقیق مقدار گاز جذب شده و $\left(\frac{T}{V}\right)\left[log\left(\frac{fs}{f}\right)\right]$ را به دست بیاوریم:

x : $\left(\frac{T}{V}\right)\left[log\left(\frac{fs}{f}\right)\right]$ y: مقدار گاز جذب شده

با توجه به اینکه لگاریتم y با x رابطه‌ی خطی دارد و با استفاده از مقادیر جدول داریم:

$$Log\ y = ax + b \rightarrow \begin{cases} Log\ (1) = a(21) + b \\ Log\ (10) = a(11) + b \end{cases} \rightarrow Log\ y = -0.1x + 2.1$$

مقدار گاز جذب‌شده را در شرایط داده‌شده به دست می‌آوریم:

$$T = 26.9\,℃\ ,\quad v = 100\,\mathrm{cm}^3/\mathrm{gmol}\ ,\quad M_w = 113\,\frac{gr}{gmol}\ ,\ \rho_{DCP} = 1.16\,\frac{gr}{cm^3}$$

فشار بخار دی‌کلروپروپان (DCP) در دمای مورد نظر را با استفاده از داده‌های هند بوک Perry محاسبه می‌کنیم:

دما (°C)	فشار بخار دی‌کلروپروپان (mmHg)
19.4	40
28	60

با استفاده از درون‌یابی خطی داریم:

$$T = 26.9\,℃ \quad \rightarrow \quad P^*_{DCP} = 57.4\,mmHg$$

با استفاده از غلظت دی‌کلروپروپان داده شده، فشار جزئی دی‌کلروپرپان در جریان هوای آلوده را محاسبه می‌کنیم:

$$p_{DCP} = y_{DCP} \times P_t \ \rightarrow \ p_{DCP} = \left(\frac{750}{10^6}\right) \times 760mmHg = 0.57\ mmHg$$

$$x = \left(\frac{T}{V}\right)\left[log\left(\frac{fs}{f}\right)\right] \approx \left(\frac{T}{V}\right)\left[log\left(\frac{P^*_{DCP}}{p_{DCP}}\right)\right] = \left(\frac{300}{100}\right) \times \log\left(\frac{57.4}{0.57}\right) = 6$$

$$Log\ y\ =\ -0.1(6)+2.1=1.5\ \ \rightarrow\ \ y=31.62\ \frac{cm^3}{100\ gr\ \text{زغال}}$$

۳۱٫۶۲ حجم دی‌کلروپرپان جذب شده در ظرفیت کامل ماده‌ی جاذب می‌باشد.

مقدار دی‌کلروپروپان جذب شده در صورت استفاده از ۸۲ درصد ظرفیت ماده‌ی جاذب:

$$m_{DCP}=31.62\frac{cm^3}{100\ gr\ \text{زغال}}\times 1.16\ \frac{gr}{cm^3}\times 0.82=30.07\ \frac{gr\ DCP}{100\ gr\ \text{زغال}}$$

تعداد مول هوای آلوده را از روی میزان آلودگی آن (غلظت دی‌کلروپروپان) محاسبه می‌کنیم:

$$n_{Air}=30.07\ gr\ DCP\times\frac{1}{113}\frac{gmol\ DCP}{gr\ DCP}\times\frac{10^6}{750}\frac{gmol\ Air}{gmol\ DCP}=354.8\ gmol\ Air$$

$$V_{Air}=\frac{nRT}{P}=\frac{354.8\ gmol\times 0.082\frac{atm.lit}{gmol.K}\times 300K}{1\ atm}=8{,}728\ lit$$

$$\dot{V}_{Air}=45\frac{lit}{min}=\frac{8{,}728\ lit}{t}\ \ \rightarrow\ \ t=194min=\mathbf{3.23}\ hr$$

بنابراین بعد از ۳٫۲۳ ساعت استفاده، ماسک باید تعویض شود.

۲-۶) نقطه اشتعال یک مخلوط مایع را می‌توان با تعیین دمایی که غلظت تعادلی بخارهای قابل اشتعال در هوا به مقداری برسد که در رابطه $\sum(y_i/LFL_i)=1$ صدق کند، به دست آورد. در این رابطه y_i درصد مولی جزء i در فاز بخار، LFL_i غلظت حد پایین اشتعال پذیری جزء i بر حسب درصد مولی است. نقطه اشتعال مخلوطی از ۵۰ درصد مولی نرمال اکتان و ۵۰ درصد مولی نرمال نونان را تخمین بزنید. مقادیر LFL نرمال اکتان و نرمال نونان بر حسب درصد حجمی به ترتیب ۱ و ۰٫۸ است.

حل:

فرض می‌کنیم قانون رائولت برقرار باشد:

$$y_iP=\ x_i\ P_{v,i}$$

Y_i: کسر مولی جزء i در فاز بخار ، P: فشار کل ، x_i: کسر مولی جزء i در فاز مایع ، $P_{v,i}$: فشار بخار جزء i در دمای T

فشار بخارهای نرمال اکتان و نرمال نونان در دماهای مختلف، در هندبوک Perry موجود است. بنابراین ابتدا دمای اولیه‌ای را برای نقطه‌ی اشتعال مخلوط مایع حدس می‌زنیم و فشار بخار نرمال اکتان و نرمال نونان در دمای مربوطه را از هندبوک Perry می‌خوانیم، سپس کسر مولی مواد در فاز بخار را از قانون رائولت محاسبه می‌کنیم، اگر رابطه‌ی $\sum(y_i/LFL_i)=1$ برقرار بود دمای نقطه‌ی اشتعال حدس زده شده درست است. در غیر این صورت دمای جدیدی حدس می‌زنیم و محاسبات را تکرار می‌کنیم.

T=18 ℃

اجزای مخلوط	x_i	LFL_i	$P_{v,i}$ (atm)	y_i
نرمال اکتان	0.5	0.01	0.0123	0.00615
نرمال نونان	0.5	0.008	0.00365	0.00183

$$\sum \frac{y_i}{LFL_i} = \frac{0.00615}{0.01} + \frac{0.00183}{0.008} = 0.844 \ < 1$$

T=21.1 ℃

اجزای مخلوط	x_i	LFL_i	$P_{v,i}$ (atm)	y_i
نرمال اکتان	0.5	0.01	0.0145	0.00725
نرمال نونان	0.5	0.008	0.0044	0.0022

$$\sum \frac{y_i}{LFL_i} = \frac{0.00725}{0.01} + \frac{0.0022}{0.008} \approx 1$$

بنابراین نقطه‌ی اشتعال این مخلوط ℃ **21.1** می‌باشد

۲-۷) نقطه اشتعال استون را تخمین بزنید و آن را با مقدار تجربی ارایه شده در منابع علمی مقایسه کنید. (تذکر: از این اصل که فوگاسیته فاز بخار با فوگاسیته فاز مایع برابر است، استفاده کنید. حد پایین اشتعال‌پذیری برای استون بر حسب حجم مولی ۲٫۵۵ است)

حل:

در فشار اتمسفریک، فاز مایع و گاز را می‌توان ایده‌ال فرض کرد، بنابراین اصل برابری فوگاسیته‌ی بخار و مایع منجر به قانون رائولت می‌شود:

$$y_i P = x_i P_{v,i}$$

P: فشار کل ، $P_{v,i}$: فشار بخار جزء i در دمای T

Y_i: کسر مولی جزء i در فاز بخار ، x_i: کسر مولی جزء i در فاز مایع

توجه: نقطه اشتعال یک مخلوط مایع را می‌توان با تعیین دمایی که غلظت تعادلی بخارهای قابل اشتعال در هوا به مقداری برسد که در رابطه $\sum(y_i/LFL_i) = 1$ صدق کند، به دست آورد.

با توجه به اینکه استون خالص است:

$$x_i = 1 \ , \ \sum(y_i/LFL_i) = 1 \quad \rightarrow y_i = LFL_i = 0.0255$$

$$\rightarrow \ P_{v,i} = \frac{y_i}{x_i} P = \frac{0.0255}{1} \times 1atm = 0.0255 \ atm = 19.38 \ mmHg$$

از هند بوک Perry دمای مربوط به فشار بخار ۱۹٫۳۸ mmHg را برای ماده‌ی استون می‌خوانیم که برابر است با ۲۱٫۴ °C-. بنابراین دمای نقطه‌ی اشتعال استون در فشار ۱ atm برابر با ۲۱/۴ °C- محاسبه می‌شود.

در هندبوک Dangerous Properties of Industrial Materials دمای نقطه‌ی اشتعال استون ۱۷/۸ °C− گزارش شده است.

۲-۸) کدام یک از مایعات زیر که معمولاً در آزمایشگاه به کار می‌روند، می‌توانند در هوا تشکیل مخلوط اشتعال‌پذیر دهند؟ فرض کنید این مایعات در ظرف نمونه‌گیری به حالت تعادل برسند:

استون	دی‌سولفید کربن	متیل الکل
بنزن	اتیل‌اتر	نرمال پنتان

در صورتی که مقدار کمی از این مواد مشتعل شود چه روش اطفای حریقی مناسب خواهد بود؟ توجه کنید که اگر مایع به حال تعادل نرسد، غلظت بخار از مقدار محاسبه شده آن کمتر خواهد بود و همچنان مخلوطی از هوا و بخارهای قابل اشتعال موجود است.(زیرا در این حالت غلظت بخار از حد بالای اشتعال‌پذیری کمتر است).

حل:

دما و فشار آزمایشگاه را به ترتیب ۲۵ °C و ۱ atm در نظر می‌گیریم. حد پایین و بالای اشتعال‌پذیری و نیز فشار بخار مواد داده شده را از هندبوک Perry به دست می‌آوریم. سپس با استفاده از قانون رائولت ($y_i = \frac{P_{v,i}}{P}$) غلظت بخارهای حاصل از مایعات را در هوا محاسبه می کنیم. اگر مقدار به دست آمده مابین حد پایین و بالای اشتعال‌پذیری باشد، مایع مورد نظر در هوا تشکیل مخلوط اشتعال‌پذیر می‌دهد، در غیر این صورت نه.

	LFL	UFL	P_v (Pa)	y(mol%)	آیا در هوا تشکیل مخلوط اشتعال‌پذیر می‌دهد؟
استون	2.60	13.00	30751.84	30.35	خیر
دی‌سولفید کربن	1.30	50	47837.88	47.21	بلی
متیل الکل	7.30	36.00	16825.75	16.60	بلی
بنزن	1.40	7.10	12640.01	12.47	خیر
اتیل‌اتر	1.9	48	71732.31	70.79	خیر
نرمال پنتان	1.30	8.00	68399.54	67.50	خیر

با توجه به جدول بالا، در حالت تعادل، استون، بنزن، اتیل اتر و نرمال پنتان خیلی غلیظ‌تر از آن هستند که مشتعل شوند، ولی دی‌سولفید کربن و متیل الکل همواره در ناحیه‌ی اشتعال‌پذیری قرار دارند. قابل ذکر است که همه‌ی مایعات بالا قبل از رسیدن به تعادل قابل اشتعال هستند.

انواع آتش‌خاموش‌کن‌های توصیه‌شده در صورت اشتعال مقدار کمی از مواد بالا:

مواد	آتش‌خاموش‌کن‌های توصیه‌شده
استون، متیل الکل، اتیل‌اتر	کف الکل، مواد شیمیایی خشک، CO_2
دی‌سولفید کربن	کف، پوشش آب
بنزن، نرمال پنتان	کف ، مواد شیمیایی خشک، CO_2

۲-۹) هنگامی که ماده اشتعال‌پذیری می‌سوزد، حجم گازهای حاصل (در فشار ثابت) یا فشار آن (در حجم ثابت) افزایش می‌یابد. حجم گاز تشکیل شده هنگام احتراق آدیاباتیک ۱۰۰ kgmol گاز پروپان را در فشار ثابت ۱ atm محاسبه کنید. فرض کنید دمای این مخلوط که حاوی ۲۰۰ درصد هوای نیتروژن و پروپان است ۲۵ °C باشد و احتراق به سمت کامل شدن پیش می‌رود.

حل:

معادله‌ی استوکیومتری احتراق پروپان:

$$C_3H_8 + 5O_2 + 5(\frac{79}{21})N_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O + 5(\frac{79}{21})N_2$$

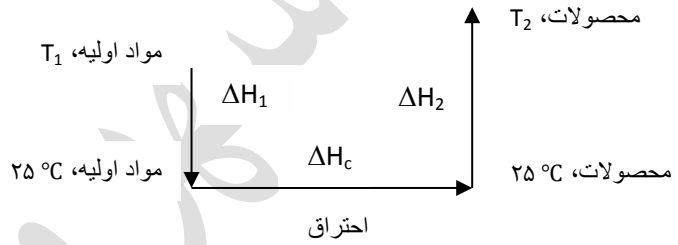
برای ۲۰۰ درصد هوای تئوری داریم: (منظور از ۲۰۰ درصد هوای تئوری، تزریق اکسیژن به مقدار دو برابر استوکیومتری است)

$$C_3H_8 + 10O_2 + 10\left(\frac{79}{21}\right)N_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O + 5O_2 + 10(\frac{79}{21})N_2$$

محاسبه‌ی دمای محصولات واکنش:

موازنه‌ی انرژی واکنش:

چون احتراق در شرایط آدیاباتیک انجام می‌شود، تمام گرمای حاصل از احتراق، توسط محصولات جذب می‌شود، بنابراین داریم:



سیستم آدیاباتیک: $\Delta H_1 + \Delta H_c + \Delta H_3 = 0$

$\Delta H_1 = 0$

$$\Delta H_c = (h_f^0)_{products} - \left(h_f^0\right)_{materials} = 3\left(h_f^0\right)_{CO_2} + 4\left(h_f^0\right)_{H_2O} - 5\left(h_f^0\right)_{O_2} - (h_f^0)_{C_3H_8}$$

$$\Delta H_3 = 3(h_{T_2} - h_{298})_{CO_2} + 4(h_{T_2} - h_{298})_{H_2O} + 5(h_{T_2} - h_{298})_{O_2} + 10(\frac{79}{21})(h_{T_2} - h_{298})_{N_2}$$

$$\rightarrow \quad (h_f^0)_{C_3H_8} = 3(h_f^0 + h_{T_2} - h_{298})_{CO_2} + 4(h_f^0 + h_{T_2} - h_{298})_{H_2O} + 5(h_{T_2} - h_{298} - h_f^0)_{O_2} + 10(\frac{79}{21})(h_{T_2} - h_{298})_{N_2}$$

h_f^0: آنتالپی مولی تشکیل، h_{T_2} : آنتالپی مولی در دمای T_2، h_{298} : آنتالپی مولی در دمای ۲۹۸ k

با توجه به اینکه آنتالپی مواد در دمای T_2 ، تابعی از دمای مجهول T_2 است، محاسبات از طریق حدس و خطا انجام می‌شود. برای محاسبه‌ی آنتالپی مواد در دمای T_2 یا باید اطلاعات ظرفیت حرارتی – دمای مواد را به دست بیاوریم یا مستقیم از جداول آنتالپی – دمای مربوطه استفاده کنیم، بدین ترتیب که ابتدا دمای T_2 را حدس می‌زنیم و آنتالپی مربوطه را از جدول می‌خوانیم، اگر آنتالپی مواد در دمای حدس زده شده در موازنه‌ی انرژی صدق کند، دمای حدس زده شده صحیح است در غیر این صورت دمای جدیدی حدس زده و محاسبات را تکرار می‌کنیم.

با استفاده از جدول A-6 و A-18 ویراش چهارم کتاب ترمودینامیک هلمن داریم:

$T_2 = 1555\ \mathrm{K}$

$$-103{,}925 = 3(-393{,}782 + 74{,}392 - 9{,}374) + 4(-241{,}997 + 60{,}680 - 9{,}904) + 5(51{,}307 - 8{,}664) + 37.6(49{,}034 - 8{,}676)$$

$-103{,}925 \neq -20{,}500$ ⟶ دمای حدس زده شده زیاد است

$T_2 = 1500\ \mathrm{K}$

$$-103{,}925 = 3(-393{,}782 + 71{,}131 - 9{,}374) + 4(-241{,}997 + 58{,}050 - 9{,}904) + 5(49{,}272 - 8{,}664) + 37.6(47{,}092 - 8{,}676)$$

$-103{,}925 \neq -123{,}997$ ⟶ دمای حدس زده شده پایین است

$T_2 = 1511\ \mathrm{K}$ ⟶ درون‌یابی خطی

در دماهای بالا و فشارهای پایین می‌توان مخلوط گاز را ایده‌ال فرض کرد، بنابراین داریم:

$$PV_2 = n_2 RT_2$$

$$n_2 = 3 + 4 + 5 + 37.6 = 49.6 \frac{Kg\ mol}{Kgmol\ Propane} = 4960 \frac{Kg\ mol}{100\ Kgmol\ Propane}$$

$$V_2 = \frac{n_2 RT_2}{P} = \frac{4960 \times 8314 \times 1511}{1.013 \times 10^5} = \mathbf{6.15 \times 10^5}\ m^3$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{n_2 T_2}{n_1 T_1} = \frac{4960 \times 1511}{4860 \times 298} = 5.17$$

بنابراین در اثر احتراق آدیاباتیک در شرایط داده شده، حجم گازها ۵/۱۷ برابر شده است.

۲-۱۰) تخلیه الکتریسیته ساکن ناشی از جریان سیالات باعث بروز حادثه‌های متعددی شده است. برای حفاظت بیشتر در مقابل انفجار یا آتش‌سوزی ناشی از تخلیه الکتریسیته ساکن، عملیات پر کردن ظروف استون را در چه دمایی باید انجام داد تا مخلوط بخارهای استون و هوا با مایع به تعادل نرسند؟ حد پایین اشتعال‌پذیری برای بخار استون در هوا ۲/۵۵ درصد حجمی است.

حل:

با توجه به اینکه حد پایین اشتعال‌پذیری برای بخار استون در هوا ۲٫۵۵ درصد حجمی است، حداکثر فشار بخاری که استون برای جلوگیری از آتش‌سوزی ناشی از تخلیه الکتریسیته ساکن، در هوا می‌تواند داشته باشد برابر است با:

$$P_v^* = 0.0255 \times 760\ mmHg = 19.38\ mmHg$$

برای محاسبه‌ی دمای مربوط به این فشار بخار از هند بوک Perry و میانیابی خطی استفاده می‌کنیم:

T (°C)	P_v^*
-40.5	5
-20.8	20

با استفاده از درون‌یابی خطی داریم:

$$P_v^* = 19.38\ mmHg \quad \rightarrow \quad T = -21.61\ ^\circ C$$

بنابراین برای جلوگیری از اشتعال بخارهای استون در هوا در اثر تخلیه‌ی الکتریسیته‌ی ساکن، استون باید تا زیر دمای ۲۱٫۶۱ °C- سرد شود. از آنجایی که این کار عملی نیست، استفاده از گاز بی‌اثر در طی عملیات پر کردن ظروف استون جهت کاهش فشار بخار استون در هوا پیشنهاد می‌شود.

۲-۱۱) شماری از مواد شیمیایی تحت شرایط مناسب تجزیه می‌شوند و مقداری انرژی آزاد می‌کنند که می‌تواند باعث بروز حادثه شود. دما و فشاری را به دست آورید که هنگام تجزیه استیلن به کربن و هیدروژن در دمای ۲۵ °C و فشار ۱۰ atm ، در یک ظرف کروی بسته بعد از آنکه توسط یک جرقه الکتریکی به طور ناگهانی تجزیه شد ایجاد می‌شود. در صورتی که از شیر اطمینان برای کاهش فشار استفاده نشود، ضخامت دیواره ظرف از جنس فولاد معمولی چقدر باید باشد؟ (در محاسبه ضخامت، ضریب اطمینان را ۴ فرض کنید)

حل:

واکنش تجزیه‌ی استیلن: $C_2H_{2(g)} \leftrightarrow 2C_{(s)} + H_{2(g)}$

ابتدا غلظت‌های تعادلی واکنش را بر اساس یک مول استیلن ورودی محاسبه می‌کنیم. اگر x درصد تبدیل تعادلی واکنش باشد داریم:

اجزاء واکنش	تعداد مول‌های ورودی	تعداد مول‌های تعادلی	جزء مولی (در فاز گاز)
$C_2H_{2(g)}$	1	$1-x$	$1-x$
$C_{(s)}$	0	$2x$	0
$H_{2(g)}$	0	x	x

ثابت تعادل ترمودینامیکی واکنش: $K(T) = \frac{{a_C}^2 a_{H_2}}{a_{C_2H_2}} \approx \frac{y_{H_2}}{y_{C_2H_2}} = \frac{x}{1-x} \quad \rightarrow x = \frac{K(T)}{1+K(T)}$ (1)

از طرفی داریم:

$$K(T) = e^{\frac{-\Delta G_r(T)}{RT}} \quad \rightarrow \quad \frac{d(LnK)}{dT} = \frac{\Delta H_r}{RT^2} \quad \rightarrow Ln\frac{K_2}{K_1} = \frac{1}{R}\int_{T_1}^{T_2}\frac{\Delta H_r}{T^2}dT$$

$$\Delta H_r(T) = \Delta H_{r0}(T_0) + \int_{T_0}^{T} \nabla C_p \, dT$$

$$C_{P_i} = a_i + b_i T + c_i T^2 + d_i T^3 + e_i \frac{1}{T^2} \quad \left(\frac{cal}{mol.K}\right) \quad \rightarrow$$

$$\nabla C_p = \sum v_i C_{p_i} = \nabla a + \nabla b T + \nabla c T^2 + \nabla d T^3 + \nabla e \frac{1}{T^2}$$

v_i : ضریب استوکیومتری جزء i (برای محصولات، مثبت و برای مواد اولیه، منفی در نظر می‌گیریم)

$$\Delta H_r = \Delta H_{r0} + \nabla a(T - T_0) + \frac{\nabla b}{2}\left(T^2 - {T_0}^2\right) + \frac{\nabla c}{3}\left(T^3 - {T_0}^3\right) + \frac{\nabla d}{4}\left(T^4 - {T_0}^4\right) - \nabla e\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)$$

$$Ln\frac{K(T)}{K(T_0)} = \frac{\nabla a}{R} ln\frac{T}{T_0} + \frac{\nabla b}{2R}(T - T_0) + \frac{\nabla c}{6R}\left(T^2 - {T_0}^2\right) + \frac{\nabla d}{12R}\left(T^3 - {T_0}^3\right) + \frac{\nabla e}{2}\left(\frac{1}{T^2} - \frac{1}{{T_0}^2}\right)$$
$$+ \frac{1}{R}\left\{-\Delta H_{r0}(T_0) + \nabla a T_0 + \frac{\nabla b}{2}{T_0}^2 + \frac{\nabla c}{3}{T_0}^3 + \frac{\nabla d}{4}{T_0}^4 - \frac{\nabla e}{T_0}\right\}\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right) \quad (2)$$

از موازنه‌ی انرژی برای واکنش آدیاباتیک حجم ثابت داریم:

$$x = \frac{\sum \int (n_i C_{v,i})_{Feed}.dT}{-\Delta H_r(T)} \quad (3)$$

از هند بوک Perry ضرایب مربوط به ظرفیت حرارتی را به دست می‌آوریم:

	a	$b \times 10^2$	$c \times 10^5$	$d \times 10^7$	E
$C_2H_{2(g)}$	5.21	2.2008	-1.559	4.349	-
$C_{(s)}$	2.673	0.2617	-	-	116,900
$H_{2(g)}$	6.952	-0.04576	0.09563	-0.2079	-

∇a	∇b	∇c	∇d	∇e
7.088	-1.7232×10^{-2}	1.6546×10^{-5}	-4.5569×10^{-9}	2.338×10^{5}

$T_0 = 25$ °C :

$$\Delta H_{r0} = 2H_{f,C} + H_{f,H_2} - H_{f,C_2H_2} = 0 + 0 - 50{,}000 = -54{,}194 \ \frac{cal}{gr\ mol}$$

$$\Delta G_{r0} = 2G_{f,C} + G_{f,H_2} - G_{f,C_2H_2} = 0 + 0 - 54{,}194 = -50{,}000\ \frac{cal}{gr\ mol}$$

$$K(T_0) = e^{\frac{-\Delta G_{r0}}{RT}} = e^{(\frac{50{,}000}{1.987\times 298.1})} = 4.57 \times 10^{36}$$

با فرض گاز ایده‌ال داریم:

$$C_{v_i} = C_{P_i} - R = a_i - R + b_i T + c_i T^2 + d_i T^3 + e_i \frac{1}{T^2}\ \ , i = C_2H_2\ , n_i = 1\ , R = 1.987\ \frac{cal}{mol.K}$$

با استفاده از اطلاعات بالا و از حل همزمان معادلات ۱، ۲ و ۳ ، درجه‌ی تبدیل و دمای محصولات واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$T = 2967\ K\ \ ,\ \ x = 0.984$$

$$V = cte\ \ \rightarrow\ \ \frac{P_2}{P_1} = \frac{n_2 T_2}{n_1 T_1} = \frac{1 \times 2967}{1 \times 298} = 9.96\ \ \rightarrow\ \ P_2 = 10 \times 9.96 = 99.6\ atm$$

بنابراین با در نظر گرفتن ضریب اطمینان ۴، جداره‌ی ظرف باید بتواند ۴ برابر این فشار یعنی حدود ۴۰۰ atm را تحمل کند.

با استفاده از رابطه‌ی موجود در جدول ۱۲-۱۰ کتاب برای محاسبه‌ی حداقل ضخامت جداره‌ی ظرف‌های کروی، داریم:

$$t = \frac{P \times r_i}{5 \times S \times E_j - 0.2 \times P}$$

۲-۱۲) اگر گرمای یک واکنش گرمازا به طور مناسب خارج نشود، سرعت واکنش از کنترل خارج شده و در صورت عدم وجود حفاظت یا تهویه مناسب، راکتور صدمه خواهد دید. در نظر بگیرید واکنشی با انرژی فعال‌سازی ۲۸۰۰۰ cal/gmol در یک راکتور همزن‌دار پیوسته انجام شود. اگر دمای آب خنک‌کننده ورودی به جداره راکتور ۱۵ °C باشد، حداکثر دمایی که واکنش بدون خارج شدن از کنترل می‌تواند انجام شود، چه دمایی است؟ برای ایمنی عملیات راکتور چه کارهایی باید انجام داد؟

حل:

نرخ تولید انرژی در یک واکنش گرمازا داخل راکتور:

$$\frac{dq}{dt} = \Delta H_{rx}\left(\frac{J}{mol}\right) \times r_i\left(\frac{mol}{m^3.s}\right) \times V(m^3)$$

$$r_i = k \times C_i = k_0 \times e^{\left(-\frac{E}{RT}\right)} \times C_i$$

که در روابط بالا ΔH_{rx} آنتالپی واکنش، r_i سرعت واکنش بر حسب واکنش دهنده‌ی i، C_i غلظت واکنش دهنده‌ی i، k_0 ثابت آرنیوس، E انرژی فعال سازی واکنش، R ثابت گازها، T دمای واکنش و V حجم راکتور است.

در واکنش‌های گرمازا برای جلوگیری از خارج شدن دمای راکتور از کنترل، گرمای تولیدی باید از راکتور خارج شود.

نرخ خروج گرما از راکتور :

$$\frac{dq}{dt} = UA(T - T_0)$$

در رابطه‌ی بالا U ضریب کلی انتقال گرما، A سطح انتقال حرارت، T دمای داخل راکتور و T_0 دمای سیال خنک‌کننده است.

اگر نرخ خروج گرما با نرخ تولید آن برابر باشد، می‌توان دمای راکتور را تحت کنترل نگه داشت، بنابراین در شرایط پایا می‌توان نوشت:

$$\Delta H_{rx} \times k_0 \times e^{\left(-\frac{E}{RT}\right)} \times C_i \times V = UA(T - T_0)$$

$$B = \Delta H_{rx} \times k_0 \times C_i \times V \quad , \quad D = UA \quad \longrightarrow \quad Be^{\left(-\frac{E}{RT}\right)} - D(T - T_0) = 0$$

می‌دانیم در نقطه‌ی ماکزیمم، شیب نمودار (مشتق اول) برابر صفر است، بنابراین در ماکزیمم دمای راکتور T_c، داریم:

$$Be^{\left(-\frac{E}{RT_c}\right)} - D(T_c - T_0) = 0 \ (1) \quad , \quad B\left(\frac{E}{RT_c{}^2}\right)e^{\left(-\frac{E}{RT_c}\right)} - D = 0 \ (2)$$

$$\overset{(2)}{\rightarrow} D = B\left(\frac{E}{RT_c{}^2}\right)e^{\left(-\frac{E}{RT_c}\right)} \quad \overset{(1)}{\rightarrow} \quad \left(\frac{E}{RT_c{}^2}\right)(T_c - T_0) = 1 \ \rightarrow \ T_c - T_0 = \frac{RT_c{}^2}{E}$$

$$\rightarrow \ T_c - 288.1 = \frac{1.987 \times T_c{}^2}{28{,}000} \ \rightarrow \ T_c = 294.3\ K$$

یعنی اگر دمای داخل راکتور از ۲۹۴٫۳ K یا ۲۱٫۱ °C بیشتر شود، به تدریج نرخ تولید گرما از نرخ خروج آن بیشتر شده و رفته رفته دمای راکتور از کنترل خارج می‌شود.

کارهایی که برای افزایش ایمنی راکتور می‌توان انجام داد:

- افزایش اندازه‌ی مبدل حرارتی به منظور افزایش سطح انتقال حرارت
- تزریق بازدارنده برای متوقف ساختن واکنش اگر کنترل دما از دست خارج شده باشد.
- کاهش خوراک ورودی به راکتور
- فراهم کردن تخلیه‌ی مناسب برای مواقع اضطراری
- تزریق گاز بی اثر به راکتور برای کاهش سرعت واکنش

۶-۱) قیمت خرید یک مبدل پوسته و لوله (با کله گی شناور و لوله های کربن استیل) با سطح حرارتی m^2 ۱۰ در سال ۱۹۹۰ ، $۴۲۰۰ بوده است. قیمت خرید یک مبدل مشابه در سال۱۹۹۰ با سطح حرارتی $۲۰m^2$ در صورتی که عدد نمایی ظرفیت-قیمت خرید برای محدوده سطح حرارتی ۱۰ تا $۴۰m^2$، ۰٫۶ باشد چقدر است؟ اگر عدد نمایی ظرفیت-قیمت خرید برای محدوده سطح حرارتی ۴۰ تا $۲۰۰m^2$، ۰٫۸۱ باشد، قیمت خرید یک مبدل حرارتی با سطح $۱۰۰m^2$ در سال ۲۰۰۰ چقدر خواهد بود؟ (از شاخص قیمت Chemical Engineering Plant استفاده شود)

حل:

سال	سطح حرارتی(m^2)	قیمت($)	شاخص قیمت Chemical Engineering Plant (جدول ۶-۲)
۱۹۹۰	۱۰	۴۲۰۰	۳۵۷/۶
	۲۰	X	
۲۰۰۰	۱۰۰	Y	۳۹۴/۱

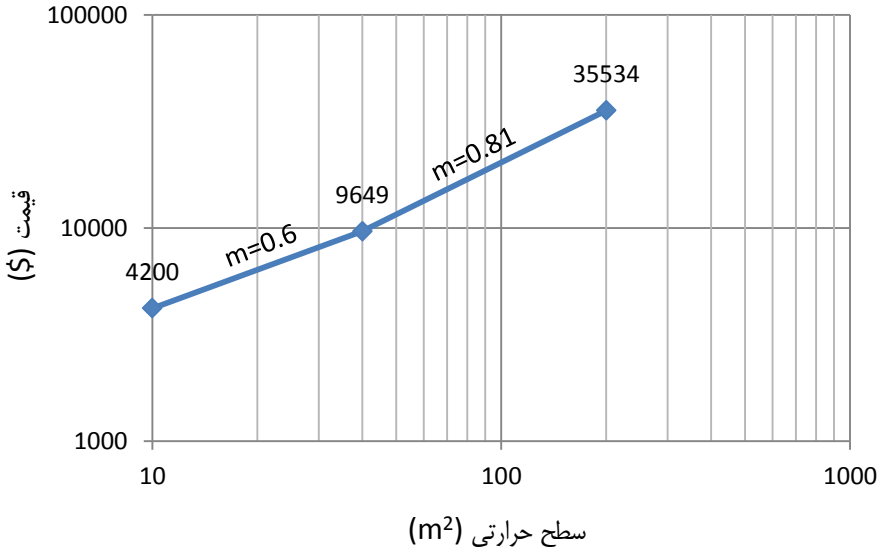
$$X = 4200 \times (\frac{20}{10})^{0.6} = 6{,}366\ \$$$

$$Y = 6{,}366 \times (\frac{100}{40})^{0.81} \times (\frac{40}{20})^{0.6} \times \left(\frac{394.1}{357.6}\right) = \mathbf{22{,}337}\ \$$$

۶-۲) نمودار قیمت خرید- سطح حرارتی را برای مبدل حرارتی پوسته و لوله ذکر شده در سؤال ۶-۱ در محدوده سطح حرارتی ۱۰ تا $۲۰۰m^2$ رسم کنید. توجه داشته باشید که عدد نمایی ظرفیت- قیمت خرید در محدوده سطح حرارتی خواسته شده ثابت نیست.

حل:

نمودار قیمت خرید-سطح حرارتی مبدل حرارتی در سال ۱۹۹۱



اصغری - شهروزی

۶-۳) هزینه خرید و نصب بعضی از دستگاه‌ها به جای ظرفیت به صورت تابعی از وزن داده شده است. مثالی از این نوع، هزینه نصب شده تانک‌های بزرگ است. هزینه یک تانک آلومینیومی نصب شده به وزن ۴۵۰۰۰kg در سال ۱۹۹۰، ۶۴۰،۰۰۰$ بوده است. برای محدوده ۹۰،۰۰۰ تا ۴۵۰،۰۰۰ عدد نمایی هزینه وزنی دستگاه نصب شده ۰٫۹۳ است. اگر یک تانک آلومینیومی با وزن ۳۰۰،۰۰۰kg مورد نیاز باشد، سرمایه لازم برای آن در سال ۲۰۰۰ چقدر خواهد بود؟ (از شاخص قیمت Chemical Engineering Plant استفاده شود)

حل:

توجه: فرض می‌کنیم عدد نمایی ۰٫۹۳ برای محدوده‌ی ۹۰،۰۰۰–۴۵،۰۰۰ نیز قابل استفاده باشد.

سال	وزن(kg)	هزینه‌ی نصب شده ($)	شاخص قیمت Chemical Engineering Plant (جدول ۶-۲)
۱۹۹۰	۴۵،۰۰۰	۶۴۰،۰۰۰	۳۵۷٫۶
۲۰۰۰	۳۰۰،۰۰۰	X	۳۹۴٫۱

$$X = 640{,}000 \times \left(\frac{300{,}000}{45{,}000}\right)^{0.93} \times \frac{394.1}{357.6} = \mathbf{4{,}117{,}410}\ \$$$

۶-۴) قیمت نصب شده یک تانک از جنس فولاد ضدزنگ ۳۰۴ به وزن ۱۳۵،۰۰۰kg در سال ۱۹۹۰، ۱،۱۰۰،۰۰۰ دلار بوده است. عدد نمایی هزینه وزنی دستگاه نصب شده برای تانک‌هایی از جنس فولاد ضدزنگ برای محدوده وزنی ۱۰۰،۰۰۰ تا ۳۰۰،۰۰۰kg ، ۰٫۸۸ است. با سرمایه گذاری که در تمرین ۶-۳ انجام شده، می‌توان تانکی از جنس فولاد ضدزنگ با چه وزنی تهیه و نصب کرد؟

حل:

توجه: با توجه به اینکه در تمرین ۶-۳ سرمایه‌گذاری در سال ۲۰۰۰ انجام شده، سال ۲۰۰۰ را در نظر می‌گیریم و از شاخص قیمت Chemical Engineering Plant استفاده می‌کنیم.

سال	وزن(kg)	هزینه‌ی نصب شده ($)	شاخص قیمت Chemical Engineering Plant (جدول ۶-۲)
۱۹۹۰	۱۳۵،۰۰۰	۱،۱۰۰،۰۰۰	۳۵۷٫۶
۲۰۰۰	X	۴،۱۱۷،۴۱۰	۳۹۴٫۱

$$4{,}117{,}410 = 1{,}100{,}000 \times \left(\frac{X}{135{,}000}\right)^{0.88} \times \left(\frac{394.1}{357.6}\right) \quad \rightarrow \quad X = \mathbf{542{,}000}\ kg$$

جواب در محدوده‌ی عدد نمایی ۰٫۸۸ قرار نمی‌گیرد ولی با توجه به کمبود اطلاعات مسئله، قبول می‌کنیم.

اصغری - شهروزی

۶-۵) هزینه خرید یک تانک از جنس فولاد ضدزنگ با حجم $5\ m^3$ در سال ۱۹۹۵ ، ۱۰۹۰۰ دلار بوده است. قطر این تانک $2\ m$ و کله گی سر و ته آن مسطح می‌باشد. اگر کل سطح خارجی تانک با آجرهایی از جنس منیزیم با ضخامت $0.05\ m$ پوشیده شود کل هزینه دستگاه نصب شده و عایق شده را در سال ۲۰۰۰ حساب کنید. در سال ۱۹۹۵ هزینه آجرهای اکسید منیزیم با ضخامت $0.05\ m$ ، ۴۰ دلار بر متر مربع و هزینه نیروی کار برای نصب عایق ۹۵ دلار بر متر مربع بوده است.

حل:

ابتدا از روی حجم و قطر تانک، ارتفاع و سطح جانبی تانک را محاسبه می‌کنیم:

$$V = \pi \times \frac{D^2}{4} \times h \quad \rightarrow \quad 5 = \pi \times \frac{2^2}{4} \times h \quad \rightarrow \quad h = 1.59\ m$$

$$S = 2 \times \pi \frac{D^2}{4} + h\pi D = 2\pi \times \frac{2^2}{4} + 1.59 \times \pi \times 2 = 16.27\ m^2$$

مطابق جدول ۶-۵، هزینه‌ی نصب تانک‌های فلزی ٪۶۰-۳۰ قیمت خرید دستگاه می‌باشد که به طور متوسط ٪۴۰ در نظر می‌گیریم.

$$\text{هزینه نصب} = 0.4 \times 10{,}900 = 4{,}360\ \$$$

$$\text{هزینه‌ی عایق‌کاری} = \text{هزینه‌ی نیروی کار} + \text{هزینه‌ی مواد} = (95 + 40)\frac{\$}{m^2} \times 16.27 m^2 = 2{,}200\$$$

$$\text{هزینه دستگاه نصب شده و عایق شده در سال ۱۹۹۵} = 10900 + 2{,}200 + 4{,}360 = 17{,}460\ \$$$

اگر از شاخص Marshal and Swift برای تجهیزات نصب شده‌ی صنایع فرایندی (جدول ۶-۲) استفاده کنیم، داریم:

$$\text{هزینه دستگاه نصب شده و عایق شده در سال ۲۰۰۰} = 17{,}460 \times \left(\frac{1097.7}{1029}\right) = \mathbf{18{,}626}\ \$$$

۶-۷) هزینه خرید و حمل تجهیزات برای یک کارخانه فرایندی جامد ۵۰۰،۰۰۰ دلار است. کارخانه مورد نظر به یک کارخانه موجود اضافه می‌شود. کل سرمایه گذاری و سرمایه گذاری ثابت لازم برای کارخانه را برآورد کنید. چه درصد و مقداری از سرمایه گذاری ثابت به مهندسی و نظارت و چه درصدی به دستمزد پیمانکاران اختصاص دارد؟

حل:

برای برآورد سرمایه‌گذاری از روش C (درصدی از قیمت دستگاه خریداری و تحویل داده شده) و ستون اول جدول ۶-۹ استفاده می‌کنیم:

	درصد از قیمت دستگاه تحویل داده شده برای کارخانه‌ی فرایندی جامد
دستگاه خریداری و حمل شده(E)	۱۰۰
سرمایه‌گذاری ثابت	۳۹۷
کل سرمایه‌گذاری	۴۶۷
مهندسی و نظارت	۳۳
دستمزد پیمانکار	۱۷

اصغری - شهروزی

سرمایه‌گذاری ثابت $= \frac{397}{100} \times E = 3.97E = 3.97 \times 500{,}000 = \mathbf{1{,}985{,}000}\ \$$

کل سرمایه‌گذاری $= 4.67E = 4.67 \times 500{,}000 = \mathbf{2{,}335{,}000}\ \$$

مهندسی و نظارت $= 0.33E \times \frac{FCI}{3.97E} \times 100 = \mathbf{8.3\%\ of\ FCI}$

دستمزد پیمانکار $= 0.17E \times \frac{FCI}{3.97E} \times 100 = \mathbf{4.3\%\ of\ FCI}$

۶-۸) هزینه خرید تجهیزات یک کارخانه تولید پنتا اریتریتول (کارخانه فرایندی جامد–سیال) ۳۰۰۰۰۰ دلار است. کارخانه مذکور باید به یک کارخانه فرم آلدهید موجود اضافه شود. هزینه اصلی ساختمانی مربوط به ساخت و ساز داخل ساختمان است. دستمزد پیمانکار ۷ درصد هزینه مستقیم کل سایر هزینه ها حدود متوسط هزینه برای کارخانه های معمولی شیمیایی است. براساس این اطلاعات، کل هزینه مستقیم کارخانه، سرمایه گذاری ثابت و کل سرمایه گذاری را براورد کنید.

حل:

برای برآورد سرمایه‌گذاری از ستون دوم جدول ۶–۹ استفاده می‌کنیم. با توجه به صورت مسئله که گفته هزینه‌ی اصلی ساختمانی مربوط به ساخت و ساز داخل ساختمان است، از جدول ۶–۳ مقدار ماکزیمم، یعنی ۱۸ درصد FCI را برای هزینه‌ی ساختمانی در نظر می‌گیریم و دستمزد پیمانکار را که جزء هزینه‌های غیرمستقیم است، مطابق سؤال برابر ۷ درصد هزینه‌ی مستقیم کل در نظر می‌گیریم. سایر هزینه‌ها را مطابق جدول ۶–۹ در نظر می‌گیریم.

		درصد از قیمت دستگاه تحویل داده شده برای کارخانه‌ی فرایندی جامد– سیال
دستگاه خریداری و حمل شده(E)		۱۰۰
هزینه‌های مستقیم	ساختمان‌ها	۲۹
	سایر هزینه‌ها	۳۰۲ –۲۹ =۲۷۳
هزینه‌های غیرمستقیم	دستمزد پیمانکار	۱۹
	سایر هزینه‌ها	۱۲۶ –۱۹ =۱۰۷

هزینه‌های مستقیم کل $= \left(\frac{302-29}{100}\right) E + 0.18FCI$

هزینه‌های غیر مستقیم کل $= \left(\frac{126-19}{100}\right) E + 0.07\left[\left(\frac{302-29}{100}\right) E + 0.18FCI\right]$

سرمایه‌گذاری ثابت = هزینه‌های مستقیم کل + هزینه‌های غیر مستقیم کل

$\rightarrow FCI = 4.943E = 4.943 \times 300{,}000 = \mathbf{1{,}483{,}000}\ \$ \quad \rightarrow$

هزینه‌های مستقیم کل $= 3.62E = \mathbf{1{,}086{,}000}\ \$$

کل سرمایه‌گذاری = سرمایه‌گذاری ثابت + سرمایه‌ی در گردش $= 4.943E + 0.75E = 5.693E = \mathbf{1{,}708{,}000}\ \$$

اصغری - شهروزی

۶-۹) به کمک روش نسبت گردش، سرمایه گذاری ثابت لازم برای یک کارخانه اسید سولفوریک را در سال ۲۰۰۰ برآورد کنید. ظرفیت سالیانه کارخانه را $1.3\times10^{8}\ kg/yr$ در نظر بگیرید (فرایند تماس کاتالیستی) و از اطلاعات جدول ۶-۱۱ استفاده کنید. قیمت فروش اسید ۸۶ دلار برای هر تن متریک اسید است. کارخانه ۳۲۵ روز در سال کار خواهد کرد. محاسبات را با روش نمایی ظرفیت-قیمت و اطلاعات جدول ۶-۱۱ تکرار کنید.

حل:

فرض می‌کنیم کارخانه در ظرفیت کامل خود، ۳۲۵ روز در سال کار می‌کند.

الف) روش نسبت گردش:

ابتدا نسبت گردش را ازروی اطلاعات جدول ۶-۱۱ برای کارخانه‌ی اسیدسولفوریک در سال ۲۰۰۰ محاسبه می‌کنیم، سپس از روی آن، سرمایه-گذاری ثابت لازم را برای ظرفیت خواسته شده به دست می‌آوریم.

$$\text{نسبت گردش } (TOR) = \frac{S_j}{FCI} = \frac{(9\times10^{7}kg/yr)\times(86\times10^{-3}\$/kg)}{4\times10^{6}\$} = 1.935\ yr^{-1}$$

$$1.935 = \frac{(1.3\times10^{8}kg/yr)\times(86\times10^{-3}\$/kg)}{FCI} \quad \rightarrow \quad FCI = \mathbf{5.78\times10^{6}}\ \$$$

ب) روش نمایی ظرفیت – قیمت:

$$C_n = C\times f_e\times R^{x}$$

$$FCI = C_n = 4\times10^{6}\times1\times\left(\frac{1.3\times10^{8}}{9\times10^{7}}\right)^{0.65} = \mathbf{5.08\times10^{6}}\ \$$$

۶-۱۰) کل سرمایه گذاری برای یک کارخانه شیمیایی یک میلیون دلار است و سرمایه گذاری عملیاتی آن ۱۰۰،۰۰۰ دلار می‌باشد. اگر کارخانه به طور متوسط ۸۰۰۰ kg محصول نهایی را در روز تولید کرده و ۳۶۵ روز در سال کار کند، قیمت فروش هر کیلوگرم چقدر باید باشد تا مقدار نسبت گردش ۱ شود؟

حل:

$$FCI = TCI - WC = 10^{6} - 10^{5} = 9\times10^{5}\ \$$$

$$\text{نسبت گردش} = \frac{S_j}{FCI} = \frac{S_j}{9\times10^{5}} = 1 \quad \rightarrow \quad S_j = 9\times10^{5}\ \$/yr$$

قیمت فروش × ظرفیت تولید = فروش سالانه

$$9\times10^{5}\frac{\$}{yr} = 8000\frac{kg}{day}\times365\ \frac{day}{yr}\times x \quad \rightarrow x = \mathbf{0.308}\ \frac{\$}{kg}$$

۶-۱۱) هزینه نیروی کار برای یک کارخانه فرایندی که در ناحیه فلادلفیا در سال ۱۹۹۵ (آتلانتیک میانی) ساخته شده ۴۲۵،۰۰۰ دلار بود. هزینه نیروی کار برای همان کارخانه در صورتی که در پایان سال ۱۹۹۸ در میامی، فلوریدا (آتلانتیک جنوبی) ساخته شده باشد چقدر است؟ برای سادگی فرض کنید نرخ نسبی نیروی کار و ضریب نسبی بهره‌وری ثابت باشد.

حل:

از جدول ۶-۱۲ برای نرخ نسبی کارگر و شاخص بهره وری استفاده می‌کنیم.

اصغری - شهروزی

	نرخ نسبی نیروی کار	ضریب نسبی بهره‌وری
آتلانتیک میانی (A)	۱/۰۶	۰/۹۶
آتلانتیک جنوبی (B)	۰/۸۴	۰/۹۱

$$\text{هزینه‌ی نیروی کار} \sim \frac{\text{نرخ نسبی نیروی کار}}{\text{ضریب نسبی بهره‌وری}}$$

$$\frac{\text{هزینه‌ی نیروی کار در } B \text{ در ۱۹۹۸}}{\text{هزینه‌ی نیروی کار در } A \text{ در ۱۹۹۵}} = \frac{\text{ضریب نسبی بهره‌وری در } A}{\text{ضریب نسبی بهره‌وری در } B} \times \frac{\text{نرخ نسبی نیروی کار در } B}{\text{نرخ نسبی نیروی کار در } A} \times \frac{\text{شاخص هزینه در } 1998}{\text{شاخص هزینه در } 1995}$$

با استفاده از شاخص قیمت Marshall and Swift (جدول ۶-۲) داریم:

$$\text{هزینه‌ی نیروی کار در } B \text{ در ۱۹۹۸} = 425{,}000 \times \frac{1077.1}{1029} \times \frac{0.84}{1.06} \times \frac{0.96}{0.91} = \mathbf{372{,}000}\ \$$$

۶-۱۲) یک شرکت صابونی با ۳۰ درصد وزنی آب و قیمت ۲۰ دلار به ازای هر ۵۰ کیلوگرم با مبنای f.o.b. (یعنی مشتری هزینه حمل و نقل را پرداخت می‌کند) می‌فروشد. شرکت صابونی با همان کیفیت که فقط حاوی ۵ درصد آب است، عرضه کرده است. در صورتی که هزینه حمل تغییر نکند مقدار آب از نظر مصرف‌کننده اهمیتی ندارد. اگر نرخ حمل ۱/۵ دلار برای هر ۵۰ کیلوگرم باشد، برای صابونی حاوی ۵ درصد آب ، شرکت به ازای هر ۵۰ kg بر مبنای f.o.b. چقدر باید از مشتری بگیرد؟

حل:

مبنا را ۵۰ کیلوگرم صابون در نظر می‌گیریم.

وزن خالص صابون در صابون حاوی ۳۰ درصد آب $= 50 \times 0.7 = 35\ kg$

قیمت هر کیلوگرم صابون $= \frac{20\ \$}{35\ kg} = 0.57\ \frac{\$}{kg}$

وزن خالص صابون در صابون حاوی ۵ درصد آب $= 50 \times 0.95 = 47.5\ kg$

قیمت صابون حاوی ۵ درصد آب $= 47.5 \times 0.57 = 27.075\ \$$

۶-۱۳) کل سرمایه گذاری یک کارخانه شیمیایی معمولی ۱۵۰۰۰۰۰ دلار است و این کارخانه $۳\times۱۰^{۶}\ kg$ محصول در سال تولید می‌کند. قیمت فروش محصول ۰/۸۲ دلار به ازای یک کیلوگرم است. هزینه سرمایه گذاری عملیاتی ۱۵ درصد کل سرمایه گذاری است. سرمایه گذاری از سرمایه شرکت بوده و سودی برای آن پرداخت نمی‌شود. هزینه مواد اولیه حمل شده $۰/۰۹\ \$/kg$، نیروی کار $۰/۰۸\ \$/kg$، خدمات جانبی $۰/۰۵\ \$/kg$ بسته بندی $۰/۰۰۸\ \$/kg$ است. هزینه های توزیع ۵ درصد کل هزینه محصول است.

موارد زیر را برآورد کنید:

الف) هزینه تولید یک کیلوگرم محصول

ب) کل هزینه محصول در یک سال

ج) سود یک کیلوگرم محصول قبل از مالیات

د) سود یک کیلوگرم محصول پس از کسر ۰/۳۵ درصد مالیات از سود ناخالص

اصغری - شهروری

هزینه‌ی سالیانه‌ی محصول در ظرفیت ۱۰۰ درصد

ظرفیت تولید : $3 \times 10^6\ kg/yr$

کل سرمایه‌گذاری : $\$1.5 \times 10^6$

سرمایه‌گذاری ثابت : $\$1.275 \times 10^6 = 0.85 \times 1.5 \times 10^6$

قیمت فروش محصول: $0.82\ \$/kg$

مواد اولیه		$0.09\ \$/kg$
نیروی کار		$0.08\ \$/kg$
نظارت عملیاتی	۱۰ تا ۲۰ درصد هزینه‌ی نیروی کار	$0.15 \times 0.08 = 0.012\ \$/kg$
امکانات جانبی		$0.05\ \$/kg$
تعمیر و نگه‌داری	٪۷ سرمایه‌گذاری ثابت	$0.07 \times 1.275 \times 10^6 \frac{\$}{yr} \times \frac{1yr}{3 \times 10^6 kg} = 0.02975\ \$/kg$
تدارکات عملیاتی	۱۰ تا ۲۰ درصد هزینه‌ی تعمیر و نگه‌داری	$0.15 \times 0.02975 = 0.00446\ \$/kg$
هزینه‌های آزمایشگاهی	۱۰ تا ۲۰ درصد هزینه‌ی نیروی کار	$0.15 \times 0.08 = 0.012\ \$/kg$
کاتالیست‌ها و حلال‌ها		-
هزینه‌های متغیر تولید		$0.2782\ \$/kg$
مالیات	۱ تا ۴٪ سرمایه‌گذاری ثابت	$0.02 \times 1.275 \times 10^6 \frac{\$}{yr} \times \frac{1yr}{3 \times 10^6 kg} = 0.0085\ \$/kg$
بهره		0
بیمه	٪۱ سرمایه‌گذاری ثابت	$0.01 \times 1.275 \times 10^6 \frac{\$}{yr} \times \frac{1yr}{3 \times 10^6 kg} = 0.00425\ \$/kg$
اجاره	–	-
استهلاک	٪۱۰ سرمایه‌گذاری ثابت (با فرض استهلاک خطی ۱۰ ساله)	$0.1 \times 1.275 \times 10^6 \frac{\$}{yr} \times \frac{1yr}{3 \times 10^6 kg} = 0.0425\ \$/kg$
هزینه‌های ثابت تولید		$0.05525\ \$/kg$
بسته‌بندی		$0.008\ \$/kg$
سایر هزینه‌های اضافی	۵۰ تا ۷۰ درصد کل هزینه‌های نیروی کار، نظارت و تعمیر و نگه‌داری	$0.6 \times (0.08 + 0.012 + 0.03) = 0.0732\ \$/kg$
هزینه‌های اضافی		$0.0812\ \$/kg$
هزینه‌ی تولید محصول		$0.41465\ \$/kg$
هزینه‌های اداری	۲۰ درصد هزینه‌ی نیروی کار، نظارت عملیاتی وتعمیر و نگه‌داری	$0.2 \times (0.08 + 0.012 + 0.02975) = 0.12175\ \$/kg$
توزیع و بازاریابی	۵ درصد کل هزینه‌ی محصول	$0.05 \times 0.596 = 0.0298$
تحقیق و توسعه	۵ درصد کل هزینه‌ی محصول	$0.05 \times 0.596 = 0.0298$
هزینه‌های عمومی		$0.18135\ \$/kg$
کل هزینه‌ی محصول		$0.596\ \$/kg$

اصغری - شهروزی

حل:

الف) با توجه به جدول بالا هزینه‌ی تولید ۱ کیلوگرم محصول برابر $0.41465\,\$/kg$ می‌باشد.

ب) کل هزینه‌ی محصول برابر است با مجموع هزینه‌های معلوم و هزینه‌هایی که به صورت درصدی از کل هزینه‌ی محصول هستند، بنابراین با توجه به جدول بالا برای محاسبه‌ی کل هزینه‌ی محصول داریم:

هزینه‌های عمومی + هزینه‌ی تولید محصول = کل هزینه‌ی محصول

$$TCI = 0.41465 + 0.12175 + 0.05\,TCI + 0.05\,TCI \quad \rightarrow \quad TCI = 0.596\,\$/kg$$

کل هزینه‌ی سالانه‌ی محصول $= 0.596\frac{\$}{kg} \times 3 \times 10^6\ \frac{kg}{yr} = \mathbf{1.788 \times 10^6}\,\frac{\$}{yr}$

ج) سود ناخالص برابر است با اختلاف قیمت فروش محصول با کل هزینه‌ی محصول:

سود ناخالص $= 0.82 - 0.596 = \mathbf{0.224}\,\frac{\$}{kg}$

د)

سود خالص $= 0.224\frac{\$}{kg} \times (1 - 0.35) = \mathbf{0.1456}\,\frac{\$}{kg}$

۶-۱۴) هزینه تولید ۱۰۰ kg محصول را تحت شرایط زیر برآورد کنید:

سرمایه گذاری ثابت= ۴ میلیون دلار

خروجی تولید سالانه= ۹ میلیون کیلوگرم

قیمت مواد اولیه= ۰٫۲۵ دلار به ازای ۱kg محصول

بخار با فشار ۸۰۰ kPa = ۵۰kg به ازای ۱kg محصول

توان الکتریکی خریداری شده= ۰٫۹ kW بر kg محصول

آب فیلتر و صاف شده = $0.083\ m^3$ بر kg محصول

نیروی کار عملیاتی= ۱۲ نفر در هر شیفت و ۲۵ دلار برای هر نفر- ساعت

کارخانه ۳۰۰ روز ۲۴ ساعته در سال کار می‌کند.

در فرایند مایعات خورنده وجود دارد.

محموله‌ها به صورت بسته‌بندی شده در کامیون بارگذاری می‌شوند.

نظارت مستقیم به طور جدی انجام می‌شود.

هزینه‌های حق ثبت، حق امتیاز، بهره یا اجاره وجود ندارد.

هزینه‌های اضافی ۵۰ درصد نیروی کار عملیاتی، نظارت و تعمیرات است.

حل:

کل هزینه‌ی تولید محصول مانند سوال ۱۳ محاسبه می‌شود.

با توجه به جدول صفحه‌ی بعد هزینه‌ی تولید ۱۰۰ kg محصول برابر است با $1.168\frac{\$}{kg} \times 100\ kg = 116.8\ \$$

اصغری - شهروزی

کل هزینه‌ی سالیانه‌ی محصول در ظرفیت ۱۰۰ درصد

ظرفیت تولید : $9 \times 10^6\ kg/yr$

سرمایه‌گذاری ثابت : $\$4 \times 10^6$

مواد اولیه		$0.25\ \$/kg$
نیروی کار		$25\frac{\$}{\text{نفر} - \text{ساعت}} \times 12\frac{\text{نفر}}{\text{شیفت}} \times 3\frac{\text{شیفت}}{\text{روز}} \times 8\frac{\text{ساعت}}{\text{شیفت}} \times \frac{365}{300}\frac{\text{روز}}{\text{سال}} \times \frac{1}{9 \times 10^6}\frac{\text{سال}}{kg} = 0.24\frac{\$}{kg}$
نظارت عملیاتی جدی	۲۰ ٪ هزینه‌ی نیروی کار	$0.2 \times 0.292 = 0.0584\ \$/kg$
امکانات جانبی (جدول ۶-۱۴)		
بخار با فشار 800 KPa		$50\frac{kg}{\text{محصول } kg} \times 4.40\frac{\$}{1000kg} = 0.22\frac{\$}{kg}$
توان الکتریکی		$0.9\frac{kW}{\text{محصول } kg} \times 0.045\frac{\$}{kWh} = 0.0405\frac{\$}{kg}$
آب فیلتر و صاف شده		$0.083\frac{m^3}{\text{محصول } kg} \times 0.53\frac{\$}{1000\ kg} \times 1000\frac{kg}{m^3} = 0.044\frac{\$}{kg}$
		$0.3045\frac{\$}{kg}$
تعمیر و نگه‌داری	۲ الی ۱۰٪ سرمایه‌گذاری ثابت (مایعات خورنده وجود دارد)	$0.1 \times 4 \times 10^6\frac{\$}{yr} \times \frac{1yr}{9 \times 10^6 kg} = 0.044\ \$/kg$
تدارکات عملیاتی	۱۵ ٪ هزینه‌ی تعمیر و نگه‌داری	$0.15 \times 0.044 = 0.0066\ \$/kg$
هزینه‌های آزمایشگاهی	۱۰ تا ۲۰ درصد هزینه‌ی نیروی کار	$0.15 \times 0.24 = 0.036\ \$/kg$
کاتالیست‌ها و حلال‌ها		-
هزینه‌های متغیر تولید		$0.9395\$/kg$
مالیات	۱ تا ۴٪ سرمایه‌گذاری ثابت	$0.02 \times 4 \times 10^6\frac{\$}{yr} \times \frac{1yr}{9 \times 10^6 kg} = 0.0089\ \$/kg$
بهره		0
بیمه	۱٪ سرمایه‌گذاری ثابت	$0.01 \times 4 \times 10^6\ \frac{\$}{yr} \times \frac{1yr}{9 \times 10^6 kg} = 0.0044\ \$/kg$
اجاره	–	-
استهلاک	۱۰٪ سرمایه‌گذاری ثابت (با فرض استهلاک خطی ۱۰ ساله)	$0.1 \times 4 \times 10^6\ \frac{\$}{yr} \times \frac{1yr}{9 \times 10^6 kg} = 0.044\ \$/kg$
هزینه‌های ثابت تولید		$0.0573\ \$/kg$
هزینه‌های اضافی	۵۰ درصد کل هزینه‌های نیروی کار، نظارت و تعمیر و نگه‌داری	$0.5 \times (0.24 + 0.0584 + 0.044) = 0.1712\ \$/kg$
هزینه‌ی تولید محصول		$1.168\ \$/kg$
هزینه‌های اداری	۲۰ درصد هزینه‌ی نیروی کار، نظارت عملیاتی وتعمیر و نگه‌داری	$0.2 \times (0.24 + 0.0584 + 0.044) = 0.06848\ \$/kg$
توزیع و بازاریابی	۵ درصد کل هزینه‌ی محصول	$0.05 \times 1.3738 = 0.06869\ \$/kg$
تحقیق و توسعه	۵ درصد کل هزینه‌ی محصول	$0.05 \times 1.3738 = 0.06869\ \$/kg$
هزینه‌های عمومی		$0.2058\ \$/kg$
کل هزینه‌ی محصول		$1.3738\ \$/kg$

اصغری - شهرودی

۶-۱۵) هزینه‌های مستقیم یک شرکت ۵۰ درصد کل فروش سالیانه و هزینه‌های ثابت، اضافی و عمومی آن معادل ۲۰۰،۰۰۰ دلار است. اگر مدیریت تصمیم به افزایش فروش سالیانه ۸۰۰،۰۰۰ دلار کنونی با افزایش ۲۰ درصدی هزینه‌های ثابت، اضافی و عمومی بگیرد، چقدر فروش سالانه لازم است تا همان سود ناخالص همچون عملکرد کنونی به دست آید؟ سود خالص کارخانه‌ی توسعه یافته با فرض افزایش ۳۰ درصد فروش سالانه و با مالیات بر درآمد ۳۵ درصد سود ناخالص، چقدر خواهد بود؟ سود خالص کارخانه‌ی توسعه یافته در صورتی که میزان فروش سالانه در همان مقدار ۸۰۰،۰۰۰ دلار ثابت بماند، چقدر خواهد بود؟ سود خالص کارخانه‌ی توسعه یافته در صورتی که فروش سالانه به ۷۰۰،۰۰۰ دلار کاهش یابد چقدر خواهد بود؟

حل:

الف)

سود ناخالص (g_j) = فروش سالانه (S_j) – هزینه‌های تولید محصول (متغیر و ثابت)

$$g_j = 800{,}000 - 0.5(800{,}000) - 200{,}000 = 200{,}000\frac{\$}{yr}$$

$$200{,}000 = x - 0.5x - (1.2 \times 200{,}000) \;\rightarrow\; x = 880{,}000\frac{\$}{yr}$$

ب)

$$g_j = (1.3 \times 800{,}000) - 0.5 \times (1.3 \times 800{,}000) - (1.2 \times 200{,}000) = 280{,}000\frac{\$}{yr}$$

$$N_{pj} = g_j(1 - 0.35) = 280{,}000 \times (1 - 0.35) = 182{,}000\frac{\$}{yr}$$

ج)

$$g_j = 800{,}000 - (0.5 \times 800{,}000) - (1.2 \times 200{,}000) = 160{,}000\frac{\$}{yr}$$

$$N_{pj} = 160{,}000 \times (1 - 0.35) = 104{,}000\frac{\$}{yr}$$

د)

$$g_j = 700{,}000 - (0.5 \times 700{,}000) - (1.2 \times 200{,}000) = 110{,}000\frac{\$}{yr}$$

$$N_{pj} = 110{,}000 \times (1 - 0.35) = 71{,}500\frac{\$}{yr}$$

۶-۱۶) یک کارخانه فرایندی که kg ۵۰۰۰ در روز محصولی با قیمت $\$/kg$ ۱٫۷۵ تولید می‌کند، دارای هزینه های تولید متغیر سالانه ۲ میلیون دلار در ظرفیت ۱۰۰ درصد و هزینه های ثابت ۷۰۰۰۰۰ دلار است. هزینه ثابت به ازای هر کیلوگرم در نقطه سر به سر چقدر است؟ اگر قیمت فروش محصول ۱۰ درصد افزایش یابد میزان افزایش سود خالص در ظرفیت کامل با فرض اینکه مالیات ۳۵ درصد درآمد ناخالص باشد چقدر است؟

حل:

اصغری - شهروزی

الف) فرض می‌کنیم کارخانه در ظرفیت کامل خود، ۳۳۳ روز در سال کار می‌کند.

میزان تولید در نقطه‌ی سر به سر :x کل هزینه‌ی تولید = درآمد حاصل از فروش : نقطه‌ی سر به سر

هزینه‌ی متغیر تولید به ازای واحد محصول × میزان تولید + هزینه‌ی ثابت تولید = قیمت فروش × میزان تولید

هزینه‌ی متغیر به ازای واحد محصول = $\frac{\text{هزینه‌ی متغیر تولید}}{\text{مقدار محصول}} = \frac{2\times10^6\$/yr}{5000kg/day\times333day/yr} = 1.2\,\$/kg$

$$x \times 1.75\ \frac{\$}{kg} = 700{,}000\ \$ + x \times 1.2 \frac{\$}{kg} \ \rightarrow\ x = 1.27 \times 10^6\ kg$$

هزینه‌ی ثابت به ازای هر کیلوگرم محصول در نقطه‌ی سر به سر = $\frac{700{,}000}{1.27\times10^6} = 0.55\frac{\$}{kg}$

ب)

سود خالص = (هزینه – درآمد) × (1-0.35)

سود خالص در ظرفیت ٪۱۰۰ = $(5000 \times 333 \times 1.75 - 2.7 \times 10^6) \times (1 - 0.35) = 138{,}937$

سود خالص پس از افزایش ٪۱۰ قیمت محصول در ظرفیت ٪۱۰۰ = $(5000 \times 333 \times 1.75 \times 1.1 - 2.7 \times 10^6) \times (1 - 0.35) = 328{,}331$

میزان افزایش سود خالص $= 328{,}331 - 138{,}937 = 189{,}394\frac{\$}{yr}$

روش دوم: افزایش سود خالص ناشی از افزایش قیمت فروش و افزایش درآمد ناشی از آن است، بنابراین می‌توان نوشت:

میزان افزایش سود خالص = میزان افزایش درآمد × (1-0.35) = میزان تولید × افزایش قیمت محصول ×(1-0.35)

$$= 5000 \times 333 \times 1.75 \times 0.1 \times (1 - 0.35) = 189{,}394\frac{\$}{yr}$$

۶-۱۷) طبق یک قانون سرانگشتی غیر دقیق در صنایع شیمیایی، یک میلیون دلار فروش سالانه نیاز به دو میلیون دلار سرمایه‌گذاری ثابت دارد. در یک کارخانه فرایندی شیمیایی طبق این قانون، کل سرمایه‌گذاری ۲۵۰۰،۰۰۰ دلار و سرمایه‌گذاری عملیاتی ۲۰ درصد کل سرمایه‌گذاری است.کل هزینه محصول سالانه ۱۵۰۰،۰۰۰ دلار است. اگر نرخ مالیات بر درامد بر سود ناخالص ۳۵ درصد باشد، موارد زیر را تعیین کنید:

الف) درصد کل سرمایه‌گذاری که سالانه به صورت ناخالص برگشت می‌یابد.

ب) درصد کل سرمایه‌گذاری که سالانه به صورت سود خالص برگشت می‌یابد.

حل:

$$TCI = 2.5 \times 10^6\ \$\ ,\ FCI = 0.8 \times 2.5 \times 10^6 = 2 \times 10^6\$$

$$C_{oj} = 1.5 \times 10^6 \frac{\$}{yr}\ ,\ S_j = 0.5 \times FCI = 0.5 \times 2 \times 10^6 = 10^6 \frac{\$}{yr}$$

$$g_j = S_j - C_{oj} = 10^6 - 1.5 \times 10^6 = -500{,}000\ \$$$

اصغری - شهروزی

شرکت سالانه ۵۰۰،۰۰۰ دلار ضرر می‌کند.

اگر فروش سالانه، برابر با سرمایه‌گذاری ثابت باشد، داریم:

$$S_j = FCI = 2 \times 10^6 \frac{\$}{yr}$$

$$g_j = S_j - C_{oj} = 2 \times 10^6 - 1.5 \times 10^6 = 500{,}000\ \$$$

$$\frac{g_j}{TCI} = \frac{0.5 \times 10^6}{2.5 \times 10^6} \times 100 = 20\%$$

ب)

$$\frac{N_{pj}}{TCI} = \frac{0.5 \times 10^6 \times (1 - 0.35)}{2.5 \times 10^6} \times 100 = 13\%$$

۶-۱۸) کل سرمایه‌گذاری برای یک کارخانه شیمیایی که باید ۱۵۰۰،۰۰۰ دلار کالا در سال تولید کند، یک میلیون دلار تخمین زده شده است. قبل از ساخت نهایی کارخانه لازم است تحقیق و توسعه (R&D) قابل توجهی صورت گیرد. مدیریت کارخانه نیز انتظار دارد هزینه‌های تحقیق و توسعه براورد شود. طبق تصمیم‌گیری‌های انجام شده باید بازگشت کل سرمایه‌گذاری و هزینه‌های تحقیق و توسعه پس از کسر مالیات در طول ۷ سال برگشت پیدا کند. میزان بازگشت سرمایه باید حداقل ۱۲ درصد فروش باشد. چون R&D یک هزینه محسوب می‌شود و مالیات بر درآمد شرکت ۳۵ درصد درآمد ناخالص است، تنها ۶۵ درصد سرمایه اختصاص داده شده به R&D پس از پرداخت مالیات باید بازگشت پیدا کند. تحت این شرایط، کل سرمایه‌ای که شرکت برای تحقیق و توسعه می‌تواند اختصاص دهد چقدر است؟

حل:

$TCI = 10^6\$$ ، $S_j = 1.5 \times 10^6 \$/yr$ ، R = R&D سرمایه‌ی اختصاص داده شده برای

$$\text{حداقل بازگشت سالانه‌ی سرمایه} = 0.12 \times S_j = 0.12 \times 1.5 \times 10^6 = 180{,}000\ \$/yr$$

$$\text{کل بازگشت سرمایه} = 180{,}000 \frac{\$}{yr} \times 7\ yr = 1.26 \times 10^6\ \$$$

$$1.26 \times 10^6\ \$ = TCI + 0.65R = 10^6 + 0.65R \ \rightarrow \ R = 400{,}000\ \$$$

۶-۱۹) ظرفیت یک کارخانه‌ی شیمیایی یک میلیون کیلوگرم در سال است. پس از شروع فعالیت کارخانه دیده شد که تنها امکان فروش ۵۰۰،۰۰۰ کیلوگرم محصول در سال وجود دارد. تحلیل شرایط موجود نشان می‌دهد که کل هزینه‌های ثابت و غیر متغیر دیگر که در صورت فعالیت یا عدم فعالیت واحد باید پرداخت شوند، زمانی که کارخانه با ظرفیت کامل کار کند ۳۵ درصد کل هزینه‌ی محصول است. هزینه‌ی مواد اولیه و سایر هزینه‌های تولید که مستقیما متناسب با میزان تولید است (برای مثال، به ازای تولید هر کیلوگرم در هر نرخ تولیدی ثابت هستند) ۴۰ درصد کل هزینه‌ی محصول در ظرفیت کامل است. ۲۵ درصد باقیمانده‌ی کل هزینه‌ی محصول برای هزینه‌های اضافی و سایر هزینه‌ها می‌باشد. مطالعات نشان می‌دهد که این هزینه‌ها به طور مستقیم با توان ۱/۵ نرخ تولید متناسب است. اگر ظرفیت کارخانه از طراحی اولیه‌ی یک میلیون کیلوگرم در سال به نصف ظرفیتش یعنی ۵۰۰،۰۰۰ کیلوگرم در سال تغییر کند، کل هزینه‌ی تولید به ازای کیلوگرم محصول چند درصد تغییر می‌کند؟

حل:

کل هزینه‌ی تولید محصول:

هزینه‌های ثابت = ۳۵٪ کل هزینه‌ی تولید محصول در ظرفیت کامل

هزینه‌های متغیر = ۴۰٪ کل هزینه‌ی تولید محصول در ظرفیت کامل

هزینه‌های اضافی و سایر هزینه‌ها = ۲۵٪ کل هزینه‌ی تولید محصول در ظرفیت کامل (متناسب با توان ۱/۵ نرخ تولید)

مبنا: kg ۱ محصول در ظرفیت کامل

f: کل هزینه‌ی تولید kg ۱ محصول در ظرفیت کامل

h: کل هزینه‌ی تولید kg ۱ محصول در ظرفیت ۵۰ درصد

هزینه‌های ثابت با تغییر ظرفیت کارخانه، تغییر نمی‌کند، ولی هزینه‌های ثابت به ازای واحد کیلوگرم محصول، به دلیل کاهش میزان تولید افزایش می‌یابد:

هزینه‌های ثابت در ظرفیت ۵۰ درصد $= 0.35 \times f \times 10^6$

هزینه‌های ثابت به ازای ۱ کیلوگرم محصول در ظرفیت ۵۰ درصد $= \frac{0.35 \times f \times 10^6}{0.5 \times 10^6} = \frac{0.35f}{0.5}$

هزینه‌های متغیر با تغییر ظرفیت کارخانه، تغییر می‌کنند ولی همیشه به ازای واحد کیلوگرم محصول، ثابت‌اند.

هزینه‌های متغیر به ازای ۱ کیلوگرم محصول در ظرفیت ۵۰ درصد $= 0.4f$

هزینه‌های اضافی و سایر هزینه‌ها با توان ۱/۵ نرخ تولید متناسب‌اند بنابراین داریم:

هزینه‌های اضافی و سایر هزینه‌ها در ظرفیت ۱۰۰ درصد : $0.25f \times 10^6 = c \times (10^6)^{1.5} \quad \rightarrow \quad c = \frac{0.25 \times f \times 10^6}{(10^6)^{1.5}} = 0.25f \times (10^6)^{-0.5}$

هزینه‌های اضافی و سایر هزینه‌ها در ظرفیت ۵۰ درصد $= c \times (0.5 \times 10^6)^{1.5} = 0.25f \times (10^6)^{-0.5} \times (0.5 \times 10^6)^{1.5}$

هزینه‌های اضافی و سایر هزینه‌ها به ازای واحد کیلوگرم در ظرفیت ۵۰ درصد $= \frac{0.25f \times (10^6)^{-0.5} \times (0.5 \times 10^6)^{1.5}}{0.5 \times 10^6} = 0.25f \times 0.5^{0.5}$

$$h = \frac{0.35 \times f}{0.5} + 0.4f + 0.25f \times 0.5^{0.5} = 1.2768f$$

$$\frac{h-f}{f} = \frac{1.2768f-f}{f} = 0.2768 = 27.68\ \%$$

اصغری - شهروزی

۷-۱) اگر ۱۰،۰۰۰ دلار با نرخ بهره اسمی ۶ درصدی به طور نیم سال مرکب شود پس از ۱۰ سال چه سرمایه‌ای به دست خواهد آمد؟

حل:

$$P = 10{,}000\ \$ \quad i = \frac{0.06}{2} = 0.03 \quad N = 2 \times 10 = 20$$

$$F = P(1+i)^N = 10{,}000(1+0.03)^{20} = 18.061\ \$$$

۷-۲) سرمایه اولیه یک برج تقطیر ۵۰،۰۰۰ دلار است و عمر مفید آن ۱۰ سال تخمین زده می‌شود. به طور مستمر سالانه چقدر باید هزینه کرد تا نرخ بهره ۶ درصد در پایان ۱۰ سال سرمایه کافی برای جایگزینی برج به دست آید؟ اگر ارزش قراضه برج تقطیر ۵۰۰۰ دلار باشد، در پایان ۵ سال بر اساس روش خط مستقیم استهلاک، ارزش سرمایه را تعیین کنید.

حل:

چون گفته شده سالانه چقدر باید هزینه کرد از ضریب مرکب شدن بهره‌ی گسسته (جدول ۷-۳) استفاده می‌کنیم، بنابراین داریم:

$$\mathrm{F} = 50{,}000\ \$\ ,\ \mathrm{N} = 10\ ,\ \mathrm{i} = 0.06$$

$$\mathrm{F} = \frac{\mathrm{A}[(1+\mathrm{i})^{\mathrm{N}} - 1]}{\mathrm{i}} \ \rightarrow\ 50{,}000 = \frac{\mathrm{A}[(1+0.06)^{10} - 1]}{0.06} \ \rightarrow\ \mathrm{A} = \mathbf{3.793}\ \$/\mathrm{yr}$$

روش خط مستقیم استهلاک : $\mathrm{d_j} = \frac{\mathrm{V_0} - \mathrm{V_s}}{\mathrm{n}} = \frac{50{,}000 - 5{,}000}{10} = 4{,}500$

ارزش سرمایه در سال $\mathbf{j}$ ام : $V_j = V_0 - (j \times d_j)$

$$\mathrm{V_5} = 50{,}000 - 5(4{,}500) = \mathbf{27{,}500}\ \$$$

۷-۳) با در نظر گرفتن مجموع پرداخت سالانه ۱۰۰۰۰ دلار به مدت ۱۰ سال، مقدار مرکب تجمع یافته در پایان ۱۰ سال را در صورتی که پرداخت ها و مرکب شدن سود، ۱) در پایان هر سال؛ ۲) هفتگی و ۳) پیوسته انجام شود مقایسه کنید. نرخ بهره مؤثر (سالانه) ۸ درصد و پرداخت ها یکنواخت است. برای این سه نوع پرداخت ارزش زمانی را در زمان صفر به دست آورید.

حل:

برای مرکب شدن بهره‌ی گسسته و گردش وجوه نقد گسسته از جدول ۷-۳ داریم:

$$\mathrm{F} = \frac{\mathrm{A}[(1+\mathrm{i})^{\mathrm{N}} - 1]}{\mathrm{i}}$$

۱) در پایان هر سال:

$$A = 10{,}000\ \$ \quad i = 0.08 \quad N = 10 \ \rightarrow\ F = \frac{10{,}000[(1+0.08)^{10} - 1]}{0.08} = \mathbf{144.866}\ \$$$

$$P = \frac{F}{(1+i)^N} = \frac{144.866}{(1+0.08)^{10}} = \mathbf{67.101}\ \$$$

اصغری - شهروزی

۲) هفتگی: هر سال را ۵۲ هفته در نظر می‌گیریم:

$$A = \frac{10{,}000}{52} = 192.3077\ \$ \quad i = \frac{0.08}{52} = 1.538 \times 10^{-3} \quad N = 52 \times 10 = 520$$

$$F = \frac{192.3077[(1 + 0.001538)^{520} - 1]}{0.001538} = \mathbf{153.022}\ \$$$

$$P = \frac{153.022}{(1 + 0.001538)^{520}} = \mathbf{68.799}\ \$$$

۳) پیوسته: برای مرکب شدن بهره‌ی پیوسته و گردش وجوه نقد پیوسته از جدول ۷–۵ داریم:

$$F = \frac{A(e^{rN} - 1)}{r} = \frac{10{,}000(e^{(0.08\times10)} - 1)}{0.08} = \mathbf{153.193}\ \$$$

$$P = \frac{F}{e^{rN}} = \frac{153.193}{e^{(0.08\times10)}} = \mathbf{68.834}\ \$$$

۷–۴) دو بیان مختلف برای هزینه سرمایه‌گذاری بر اساس (۱) مرکب شدن سالانه بهره گسسته (۲) مرکب شدن بهره پیوسته، ارائه کنید. تعریف هزینه سرمایه‌گذاری عبارت است از مجموع هزینه اولیه C_V دستگاه یا سرمایه، به اضافه مقدار P که باید به هنگام خریداری دستگاه یا سرمایه اصلی، سرمایه‌گذاری شود، به گونه‌ای که اگر دستگاه یا سرمایه اولیه در N سال با هزینه C_R جایگزین گردد، ارزش سرمایه برابر است با P به اضافه C_R.

حل:

با توجه به اطلاعات مسئله داریم:

$$1)\ K = C_V + P \qquad 2)\ F = C_R + P$$

الف) مرکب شدن سالانه‌ی بهره‌ی گسسته:

$$F = P(1+i)^N \xrightarrow{+(2)} P(1+i)^N = C_R + P \rightarrow P = \frac{C_R}{(1+i)^N - 1}$$

$$\xrightarrow{(1)} K = C_V + \frac{C_R}{(1+i)^N - 1}$$

ب) مرکب شدن بهره‌ی پیوسته:

$$F = Pe^{rN} \xrightarrow{+(2)} Pe^{rN} = C_R + P \rightarrow P = \frac{C_R}{e^{rN} - 1}$$

$$\xrightarrow{(1)} K = C_V + \frac{C_R}{e^{rN} - 1}$$

اصغری - شهروری

۷-۵) در یک فرایند گرمادهی قرار است از یک مبدل حرارتی استفاده شود. قیمت یک نوع مبدل حرارتی استاندارد با ارزش قراضه ناچیز ۲۰،۰۰۰ دلار است و عمر مفید آن ۶ سال. نوع دیگری مبدل حرارتی با همان ظرفیت طراحی ۳۴،۰۰۰ دلار است ولی عمر مفید آن ۱۰ سال و ارزش قراضه آن ۴۰۰۰ دلار است. نرخ بهره مرکب مؤثر را در سال ۶ درصد فرض کنید. با مقایسه هزینه سرمایه‌گذاری هر کدام تعیین کنید کدام یک از مبدل‌های حرارتی ارزان‌تر است. برای تعریف هزینه سرمایه‌گذاری به مسئله ۷-۴ مراجعه کنید.

حل:

مبدل حرارتی ۱ : $C_V = 20{,}000\ \$\ ,\ V_S = 0\ ,\ \ n = 6yr$

مبدل حرارتی ۲ : $C_V = 34{,}000\ \$\ ,\ V_S = 4000\ \$\ ,\ \ n = 10yr$

$$K = C_V + \frac{C_R}{(1+i)^N - 1}\ \ ,\ C_R = C_V - V_S\ ,\ i = 0.06$$

$$K_1 = 20{,}000 + \frac{20{,}000 - 0}{(1+0.06)^6 - 1} = 67{,}788\ \$$$

$$K_2 = 34{,}000 + \frac{34{,}000 - 4000}{(1+0.06)^{10} - 1} = 71{,}934\ \$$$

$K_1 < K_2 \quad \rightarrow$ مبدل حرارتی ۱ ارزان‌تر است.

۷-۶) قیمت خرید و نصب یک تانک ذخیره جدید ۱۰،۰۰۰ دلار است. مدت زمان خدمات رسانی این تانک ۱۰ سال تخمین زده شده است. پیشنهاد شده به جای خرید یک تانک جدید یکی از تانک‌های موجود با همان ظرفیت استفاده شود. اگر تانک قدیمی تعمیر شده باشد زمان خدمات رسانی آن قبل از تعمیر مجدد ۳ سال است. هیچ کدام از تانک‌ها ارزش قراضه ندارند. ارزش پول سالانه با نرخ ۶ درصدی مرکب می‌شود. اگر هزینه سرمایه‌گذاری هر دو تانک یکسان باشد، برای تعمیر تانک موجود چقدر هزینه می‌شود؟ برای تعریف هزینه سرمایه‌گذاری به مسئله ۷-۴ مراجعه کنید.

حل:

تانک ۱ : $C_V = 10{,}000\ \$\ ,\ V_S = 0\ ,\ \ n = 10yr$

تانک ۲ : $C_V = C_{repair} = ?\ ,\ V_S = 0\ ,\ \ n = 3yr$

$$K = C_V + \frac{C_R}{(1+i)^N - 1}\ ,\ \ C_R = C_V - V_S\ ,\ i = 0.06$$

$$K_1 = K_2 \quad \rightarrow \quad 10{,}000 + \frac{10{,}000 - 0}{(1+0.06)^{10} - 1} = C_{epair} + \frac{C_{repair} - 0}{(1+0.06)^3 - 1}$$

$$\rightarrow \quad C_{repair} = 3.632\ \$$$

۷-۷) کل سرمایه‌گذاری لازم برای یک کارخانه جدید ۲۰ میلیون دلار تخمین زده شده است. ۵۰ درصد هزینه آن از منابع غیرمالی شرکت تامین می‌شود. نصف سرمایه باقیمانده از یک وام با نرخ بهره مؤثر ۸ درصدی و نصف دیگر آن از انتشار سهام که سود آن با نرخ مؤثر ۸ درصدی پرداخت می‌شود، تامین می‌گردد. نرخ مالیات بر درآمد شرکت ۳۵ درصد درآمد قبل از پرداخت مالیات است. تحت این شرایط شرکت به خاطر استفاده از سهام با نرخ سود ۸ درصدی به جای اوراق قرضه با نرخ بهره مؤثر ۶ درصدی چند دلار ضرر می‌کند؟

حل:

با در نظر گرفتن $\emptyset=0.35$ داریم:

منبع سرمایه	نرخ سود مشخص شده	نرخ سود قبل ازپرداخت مالیات	نرخ سود بعد ازپرداخت مالیات
اوراق قرضه	n %	n %	0.65 n %
سهام مرجع	m %	(100/65) m %	m %

توجه: سود اوراق قرضه و بهره‌ی وام مقادیری قراردادی هستند و به عنوان هزینه‌ی تجارت در نظر گرفته می‌شوند، بنابراین نرخ سود اوراق قرضه قبل از کسر مالیات بیان می‌شود که از این نرخ مشخص شده درصدی به مالیات تعلق می‌گیرد و مابقی به عنوان سود، به صاحبان اوراق قرضه پرداخت می‌شود. بهره‌ی وجوه سهام هزینه‌ی تولید نیستند زیرا یک برگشتی به مالکان سهام‌ها می‌باشند، بنابراین نرخ سود سهام مرجع بعد از کسر مالیات بیان می‌شود و مالیات به آن تعلق نمی‌گیرد، در واقع شرکت سودی برابر نرخ مشخص شده، به صاحبان سهام‌ها برمی‌گرداند و مالیات سود سهام را از جیب خود می‌پردازد.

۲۵ درصد کل سرمایه‌گذاری از طریق سهام و یا اوراق قرضه تامین می‌شود:

$$0.25 \times 20{,}000{,}000 = 5{,}000{,}000\ \$$$

۱) استفاده از اوراق قرضه با نرخ بهره‌ی ۶ درصد:

$$\text{سودی که سالانه به صاحبان اوراق قرضه پرداخت می‌شود} = 0.65 \times 0.06 \times 5{,}000{,}000 = 195{,}000\ \$$$

۲) استفاده از سهام با نرخ بهره‌ی ۸ درصد:

$$\text{سودی که سالانه به صاحبان سهام پرداخت می‌شود} = 0.08 \times 5{,}000{,}000 = 400{,}000\ \$$$

$$400{,}000 - 195{,}000 = 205{,}000\ \$$$

بنابراین شرکت در صورت استفاده از سهام به جای اوراق قرضه باید ۲۰۵،۰۰۰ دلار بیشتر پرداخت کند.

اصغری - شهروزی

۷-۸) پیشنهاد شده که شرکتی یک میلیون دلار از صندوق سرمایه اش را در معامله ای سرمایه گذاری کند که درآمد ناخالص آن یک میلیون دلار در سال خواهد بود. کل هزینه های سالانه ۸۰۰۰۰۰ دلار در سال است. در یک سرمایه گذاری دیگر، شرکت می تواند مقدار ۶۰۰۰۰۰ دلار سرمایه گذاری کند و سالانه ۲۲۰۰۰۰ دلار درآمد خالص داشته باشد. استهلاک و مالیات بر درآمد در نظر گرفته نمی‌شود. ۴۰۰۰۰۰ دلار باقیمانده را با نرخ مؤثر ۶ درصد در سال می توان وام داد. سرمایه گذاری دوم نسبت به سرمایه گذاری اول چقدر سودآورتر است؟

حل:

نکته: با توجه به اینکه استهلاک و مالیات بر درآمد در نظر گرفته نمی‌شوند، سود ناخالص، سود خالص وگردش وجوه نقد مقادیر برابری هستند.

$$A_j = N_{pj} + d_j \quad , \quad N_{pj} = G_j(1-\emptyset) \xrightarrow{d_j,\emptyset=0} A_j = N_{pj} = G_j$$

1) $FCI = 1{,}000{,}000\,\$$, $S_j = 1{,}000{,}000\ \$/yr$, $C_{oj} = 800{,}000\ \$/yr$

$$\rightarrow \quad A_j = G_j = S_j - C_{oj} = 1{,}000{,}000 - 800{,}000 = 200{,}000\ \$/yr$$

2) $FCI = 600{,}000\,\$$, $G_j = 220{,}000\ \$/yr \quad \rightarrow \quad A_j = 220{,}000\ \$/yr$

$+$ وام $= 400{,}000\,\$ \quad i = 0.06 \rightarrow$ سود $= 400{,}000 \times 0.06 = 24{,}000\ \$/yr$

اختلاف سودآوری $= (220{,}000 + 24{,}000) - 200{,}000 = 44{,}000\ \$/yr$

بنابراین سرمایه‌گذاری دوم به مقدار ۴۴،۰۰۰ دلار سودآورتر از سرمایه‌گذاری اول است.

توجه: درآمد ناخالص همان درآمد حاصل از فروش محصول بدون در نظر گرفتن هزینه‌های تولید است که اگر هزینه‌های تولید از آن کسر شود، درآمد خالص حاصل می‌شود و سود ناخالص برابر درآمد خالص منهای استهلاک می‌باشد.

۷-۹) سرمایه‌گذاری ثابت برای یک کارخانه شیمیایی ۲۰ میلیون دلار است. مقدار مالیات سالانه یک درصد سرمایه‌گذاری ثابت و مالیات بر درآمد ایالتی ۵ درصد سود ناخالص است. سود خالص پس از پرداخت مالیات ۲ میلیون دلار است و مالیات بر درآمد دولت مرکزی ۳۵ درصد سود ناخالص است. اگر این کارخانه در محلی احداث شود که مالیات آن ۴ درصد سرمایه‌گذاری ثابت و مالیات بر درآمد ایالتی ۲ درصد درآمد ناخالص است، در صورتی که سایر هزینه‌ها تغییر نکند سود خالص سالانه پس از پرداخت مالیات چقدر خواهد بود؟

حل:

$$FCI = 20 \times 10^6\ \$$$

1) مالیات سالانه $= 0.01 \times FCI$

مالیات بر درآمد ایالتی $= 0.05 \times G_j$

مالیات بر درآمد دولت مرکزی $= 0.35 \times G_j$

$N_{pj} = 2 \times 10^6 \$$, $G_j =?$

مالیات - (G_j) درآمد ناخالص = (N_{pj}) درآمد خالص

$2 \times 10^6 = G_j - \left(0.01 \times 20 \times 10^6 + 0.05G_j + 0.35G_j\right) \rightarrow G_j = 3.7 \times 10^6 \$$

2) مالیات سالانه $= 0.04 \times FCI$

مالیات بر درآمد ایالتی $= 0.02 \times G_j$

مالیات بر درآمد دولت مرکزی $= 0.35 \times G_j$

$N_{pj} =?$

با توجه به اینکه تمام هزینه‌ها غیر از مالیات، ثابت‌اند وسود ناخالص مستقل از تغییر مالیات است، طبق قسمت اول سوال داریم:

$G_j = 3.7 \times 10^6 \$$

$N_{pj} = G_j - \left(0.04 \times 20 \times 10^6 + 0.02G_j + 0.35G_j\right) \xrightarrow{G_j = 3.7 \times 10^6}$

$N_{pj} = 1.531 \times 10^6 \ \$/yr$

۷-۱۰) برای بخشی از یک کارخانه شیمیایی روش خودبیمه‌گری در نظر گرفته شده است. سرمایه‌گذاری ثابت ۵۰،۰۰۰ دلار و هزینه بیمه برای حفاظت کامل ۵۰۰ دلار در سال است. اگر از این روش استفاده شود، سرمایه ذخیره شده باید در محدوده اختیارات شرکت قرار گیرد و طبق یک برنامه پرداخت مستمری باید ۴۰۰ دلار در سال به این سرمایه اضافه شود. برای کل سرمایه، نرخ سود مرکب ۶ درصد در نظر گرفته می‌شود. اگر از هزینه‌های دفتری صرف‌نظر شود، در آغاز برنامه چقدر پول باید ذخیره شود تا مقدار کافی سرمایه تجمع پیدا کند و بتوان ۵۰،۰۰۰ دلار کاهش سرمایه را پس از ۱۰ سال جبران کرد؟

حل:

برای تامین ۵۰،۰۰۰ دلار پس از ۱۰ سال، مقداری سرمایه‌ی اولیه با نرخ سود مرکب ۶ درصد ذخیره شده و سالانه مبلغ ۴۰۰ دلار به این سرمایه اضافه می‌شود، بنابراین داریم:

$F = 50{,}000 \$$, $A = 400 \ \$/yr$, $i = 0.06$, $N = 10 \ yr$, $P =?$

$F = F_1 + F_2$

F_1 ناشی از مرکب شدن سالانه‌ی سرمایه‌ی اولیه و F_2 ناشی از مرکب شدن پرداخت‌های سالانه (جدول ۷-۳) می‌باشد:

$F_1 = P(1+i)^N \quad , \quad F_2 = \dfrac{A[(1+i)^N - 1]}{i}$

$\rightarrow \quad 50{,}000 = P(1+0.06)^{10} + \dfrac{400[(1+0.06)^{10} - 1]}{0.06} \quad \rightarrow P \approx 25{,}000 \$$

۷-۱۱) هزینه اولیه برای نصب یک قطعه از دستگاه ۱۰،۰۰۰ دلار است. پس از چهار سال استفاده دستگاه به مبلغ ۷۰۰۰ دلار فروخته شد. شرکتی که در ابتدا صاحب این دستگاه بوده، از روش خط مستقیم ۵ ساله برای محاسبه استهلاک استفاده می‌کند. اگر شرکت از روش MACRS برای ۵ سال به منظور محاسبه استهلاک استفاده می‌کرد، سرمایه یا ارزش دفتری برای این قطعه در پایان ۴ سال ۱۷۲۸ دلار می‌شد. نرخ مالیات بر درآمد برای شرکت ۳۵ درصد درآمد ناخالص است. مالیات بهره سرمایه ۲۰ درصد بهره است. شرکت با استفاده از روش MACRS به جای روش خط مستقیم، چقدر پس‌انداز خالص به دست خواهد آورد؟

حل:

توجه: بهره‌ی سرمایه به اختلاف ارزش بازاری (قیمت فروش) وارزش دفتری (قیمت واقعی) سرمایه اطلاق می‌شود.

$C_V = 10{,}000\ \$$, قیمت فروش $= 7{,}000\ \$$, عمر مفید دستگاه $= 5yr$, مدت استفاده $= 4yr$

SL:

$$d = \frac{C_V}{n} = \frac{10{,}000}{5} = 2000\ \$$$

ارزش دفتری در پایان سال ۴ ام = ارزش اولیه − مخارج استهلاک $= 10{,}000 - 4(2000) = 2000\ \$$

بهره‌ی سرمایه = ارزش بازاری − ارزش دفتری $= 7000 - 2000 = 5000\ \$$

مالیات بهره‌ی سرمایه $= 0.2 \times 5000 = 1000\ \$$

MACRS:

ارزش دفتری در پایان سال ۴ ام $= 1728\ \$$

بهره‌ی سرمایه $= 7000 - 1{,}728 = 5{,}272\ \$$

مالیات بهره‌ی سرمایه $= 0.2 \times 5272 = 1{,}054.40\ \$$

اختلاف مالیات بهره‌ی سرمایه‌ی دو روش $= 1{,}054.40 - 1000 = 54.40\ \$$

بنابراین شرکت در صورت استفاده از روش MACRS باید به مقدار ۵۴/۴۰ دلار، مالیات بهره‌ی سرمایه‌ی بیشتری پرداخت کند.

مالیات درآمد شرکت به سود ناخالص تعلق می‌گیرد که طبق رابطه‌ی زیر هرچه استهلاک بیشتر باشد، سود ناخالص کمتر شده و در نتیجه مقدار مالیات پرداختی نیز کمتر می‌شود.

$$G_j = S_j - C_{oj} - d_j \ \rightarrow\ \Delta G_j \propto -\Delta d_j$$

SL: مقدار استهلاک در طول ۴ سال = ارزش اولیه − ارزش دفتری $= 10{,}000 - 2{,}000 = 8{,}000\ \$$

MACRS: مقدار استهلاک در طول ۴ سال $= 10{,}000 - 1{,}728 = 8{,}272\ \$$

اختلاف مالیات بر درآمد دو روش $= 0.35 \times \Delta G_j = 0.35 \times (8{,}000 - 8{,}272) = -95.2$ \$

چون استهلاک روش MACRS بیشتر است، شرکت در صورت استفاده از این روش ۹۵٫۲ دلار، مالیات بر درآمد کمتری می‌پردازد.

$95.2 - 54.40 = 40.80$ \$

در مجموع، اگر شرکت از روش MACRS استفاده کند می‌تواند مقدار ۴۰٫۸۰ دلار پس‌انداز خالص به دست آورد.

۷-۱۲) مسئله ۷-۸ را پس از پرداخت مالیات و استهلاک ۲۰ درصد در سال در کل مدت زمان سرمایه‌گذاری پروژه و با نرخ مالیات بر درآمد ۳۵ درصد در سال برای درآمد ناخالص مجددا حل کنید.

حل:

1) $\mathrm{FCI} = 1{,}000{,}000$ \$, $\mathrm{S_j} = 1{,}000{,}000$ \$/yr , $\mathrm{C_{oj}} = 800{,}000$ \$/yr

$\mathrm{A}_j = N_{pj} + d_j = (S_j - C_{oj} - d_j) \times (1 - \emptyset) + d_j$

$d_j = 0.2 \times FCI = 0.2 \times 1{,}000{,}000 = 200{,}000$ \$

$\rightarrow \mathrm{A}_j = (1{,}000{,}000 - 800{,}000 - 200{,}000) \times (1 - 0.35) + 200{,}000 = 200{,}000$ \$

2) $\mathrm{FCI} = 600{,}000$ \$, $S_j - C_{oj} = 220{,}000$ \$/yr

$d_j = 0.2 \times FCI = 0.2 \times 600{,}000 = 120{,}000$ \$

$\rightarrow \mathrm{A}_j = (220{,}000 - 120{,}000) \times (1 - 0.35) + 120{,}000 = 185{,}000$ \$

وام + $= 400{,}000$ \$, $\mathrm{i} = 0.06 \rightarrow$ سود $= 400{,}000 \times 0.06 = 24{,}000$ \$/yr

اختلاف سودآوری $= (185{,}000 + 24{,}000) - 200{,}000 = \mathbf{9{,}000}$ \$/yr

بنابراین سرمایه‌گذاری دوم به مقدار ۹،۰۰۰ دلار سودآورتر از سرمایه‌گذاری اول است.

۷-۱۳) تخمین زده می‌شود یک قطعه از دستگاه که ارزش اسقاطی و قراضه ان ناچیز است دارای دوره ۵ ساله بازیابی با روش MACRS و خط مستقیم باشد. هزینه اولیه دستگاه ۵۰،۰۰۰ دلار است. تعیین کنید (۱) هزینه استهلاک برای سال دوم را اگر از روش خط مستقیم استفاده شود و درصدی از سرمایه اولیه را که در دو سال اول پرداخت می‌شود، (۲) هزینه استهلاک در سال پنجم را در صورتی که از MACRS استفاده شود و درصدی از سرمایه‌گذاری اولیه را که در دو سال اول پرداخت می‌شود.

حل:

$V_0 = 50{,}000\ \$\ ,\ \ n = 5\ yr$

1) **SL :** $d = \frac{50{,}000}{5} = \mathbf{10{,}000}\ \$/yr$

مقدار استهلاک در دو سال اول $= 2 \times 10{,}000 = 20{,}000 = \mathbf{40\%}\ \boldsymbol{of\ V_0}$

2) **MACRS:**

با استفاده از ضرایب دوره‌ی زمانی ۵ ساله‌ی جدول ۷-۹ داریم:

هزینه‌ی استهلاک در سال ۵ ام $= 0.1152 \times V_0 = 0.1152 \times 50{,}000 = \mathbf{5760}\ \$$

مقدار استهلاک در دو سال اول $= (20\% + 32\%)V_0 = \mathbf{52\%}\ \boldsymbol{V_0}$

۷-۱۴) کل درآمد و هزینه بدون در نظر گرفتن استهلاک برای یک شرکت شیمیایی به ترتیب یک میلیون دلار و ۶۰۰۰۰۰ دلار در سال است. در آغاز اولین سال کار شرکت حساب مرکب اموال قابل استهلاک ۸۵۰۰۰۰ دلار است و دوره بازیابی MACRS آن ۵ سال و دوره بازیابی خط مستقیم آن ۹٫۵ سال است. ۳۵ درصد سود قبل از پرداخت مالیات باید به عنوان مالیات بردرآمد پرداخت شود. اگر از روش MACRS برای محاسبه استهلاک به جای روش خط مستقیم استفاده شود، کاهش هزینه مالیات بر درآمد در اولین سال چقدر است؟

حل:

$S_j = 10^6\ \$/yr\ \ ,\ \ C_{oj} = 600{,}000\ \$/yr\ ,\ \ V_0 = 850{,}000\ \$\ ,\ \ \emptyset = 0.35$

SL:

$n = 9.5\ yr\ \rightarrow\ d = \frac{850{,}000}{9.5} = 89{,}474\ \$/yr$

مالیات بر درآمد $= 0.35 \times G_j = 0.35 \times (S_j - C_{oj} - d_j) = 0.35 \times (10^6 - 600{,}000 - 89{,}474) = 108{,}684\ \$$

MACRS:

$n = 5\ yr\ \xrightarrow{\text{جدول 7-5}}$ مقدار استهلاک در سال اول $= 0.2 \times V_0 = 0.2 \times 850{,}000 = 170{,}000\ \$$

مالیات بر درآمد $= 0.35 \times (10^6 - 600{,}000 - 170{,}000) = 80{,}500\ \$$

$108{,}684 - 80{,}500 = 28{,}184\ \$$

مالیات درآمد شرکت به سود ناخالص تعلق می‌گیرد که طبق رابطه‌ی مربوطه هرچه استهلاک بیشتر باشد، سود ناخالص کمتر شده و در نتیجه مقدار مالیات پرداختی نیز کمتر می‌شود. چون استهلاک روش MACRS بیشتر است، شرکت در صورت استفاده از این روش ۲۸٫۱۸۴ دلار، مالیات بر درآمد کمتری می‌پردازد.

اصغری - شهروزی

۷-۱۵) کل ارزش یک کارخانه گاز طبیعی مایع شده (LNG) ، ۱۰ میلیون دلار است. جواز احداث این کارخانه گرفته شده و بر اساس آن کاهش ۶۰ درصد هزینه کارخانه در ۵ سال اول مجاز است. برای تراز سرمایه کارخانه لازم است دوره کاهش سرمایه ۱۰ سال باشد. با استفاده از روش استهلاک خط مستقیم و با این فرض که قیمت اسقاطی و قراضه ناچیز است، کل هزینه لازم برای سال اول را تعیین کنید. اگر از روش استهلاک MACRS (برای این نوع کارخانه دوره ارزیابی ۱۵ ساله به کار می‌رود) استفاده شود کل هزینه استهلاک در سال اول چقدر خواهد بود؟

حل:

SL:

هزینه‌ی استهلاک در سال اول : $d_1 = \frac{0.6\times10\times10^6}{5} = 1{,}200{,}000\ \$/yr$

MACRS:

$n = 15\ yr \xrightarrow{\text{جدول } 5-7}$ مقدار استهلاک در سال اول $= 0.05 \times 10 \times 10^6 = 500{,}000\ \$/yr$

۷-۱۶) یک شرکت کوچک از روش واحد تولید برای محاسبه استهلاک استفاده می‌کند. ارزش اولیه سرمایه ۱۱۰،۰۰۰ دلار است. تخمین زده شده که قبل از آنکه ارزش قراضه و اسقاطی صفر شود، شرکت ۱۱۰۰۰ واحد از محصول تولید کند. هزینه استهلاک به ازای هر واحد تولید شده ۱۰ دلار است. این دستگاه در سال اول ۲۰۰ واحد تولید می‌کند و نرخ تولید در ۴ سال اول هر سال دو برابر می‌شود. نرخ تولید به دست آمده در سال چهارم ثابت نگه داشته می‌شود تا قیمت دستگاه تسویه شود. اگر از روش خط مستقیم بر اساس همین دوره زمانی استفاده شده بود، هزینه استهلاک سالانه چقدر می‌شد؟

حل:

سال	واحدهای تولیدی	استهلاک (۱۰ دلار بر واحد)	مجموع استهلاک‌ها
1	200	2,000	2,000
2	400	4,000	6,000
3	800	8,000	14,000
4	1600	16,000	30,000
5	1600	16,000	46,000
6	1600	16,000	62,000
7	1600	16,000	78,000
8	1600	16,000	94,000
9	1600	16,000	110,000

$\rightarrow\ n = 9\ yr\ \ \rightarrow SL\text{: } d = \frac{110{,}000}{9} = \mathbf{12.222}\ \$/yr$

۷-۱۷) یک قطعه آزمایشگاهی ۳۵۰۰۰ دلار خریداری شده و تخمین زده می شود ۵ سال از آن استفاده شود و ارزش اسقاطی آن ۵۰۰۰ دلار باشد. استهلاک سالانه مجاز و ارزش دفتری در پایان هر سال را با استفاده از ۱) روش استهلاک خط مستقیم، ۲) روش MACRS با دوره بازیابی ۵ ساله و ۳) روش استهلاک مجموع ارقام به صورت جدول در آورید.

حل:

$V_0 = 35{,}000\ \$\ ,\ n = 5\ yr\ ,\ V_S = 5{,}000\ \$$

۱) روش استهلاک خط مستقیم: **(SL)**

$$d = \frac{V_0 - V_S}{n} = \frac{35{,}000 - 5{,}000}{5} = 6{,}000\ \$/yr$$

۲) روش **MACRS :**

$d_j = f_j \times (V_0 - V_S) = f_j \times 30{,}000$, f_j: نرخ استهلاک (جدول ۷-۹)

۳) روش استهلاک مجموع ارقام **(SOTD):** در این روش، استهلاک در سال اول بیشترین مقدار را دارد و بر حسب یک نسبت مشخص، کاهش می‌یابد تا جایی که در سال آخر کمترین مقدار استهلاک را داراست.

نرخ استهلاک $(f_j) = \frac{n-j+1}{\frac{n(n+1)}{2}}$, جمع ارقام سنوات $= \frac{n(n+1)}{2}$

$$d_j = f_j \times (V_0 - V_S) = \frac{6-j}{15} \times 30{,}000 = 2000(6-j)$$

ارزش دفتری : $V_j = V_{j-1} - d_j$

	SL		MACRS			SOTD	
سال(j)	d	V_j	f_j (%)	d_j	V_j	d_j	V_j
0	-	35,000	-	-	35,000	-	35,000
1	6,000	29,000	20	6,000	29,000	10,000	25,000
2	6,000	23,000	32	9,600	19,400	8,000	17,000
3	6,000	17,000	19.20	5,760	13,640	6,000	11,000
4	6,000	11,000	11.52	3,456	10,184	4,000	7,000
5	6,000	5,000	11.52	3,456	6,728	2,000	5,000
6	-	-	5.76	1,728	5,000	-	-

۷-۱۸) یک قطعه از دستگاهی با هزینه اولیه ۱۰،۰۰۰ دلار و بدون ارزش اسقاطی، اگر با روش مجموع ارقام مستهلک شود مجاز است ۲۳۸۱ دلار در سال دوم دوره خدمات‌رسانی مستهلک شود. از چه دوره بازیابی استفاده شده است؟

حل:

$V_0 = 10{,}000\ \$\ ,\ V_S = 0\ ,\ d_2 = 2{,}381\ \$\ \rightarrow\ n = ?$

$$d_j = \frac{(n-j+1)}{\frac{n(n+1)}{2}}(V_0 - V_S) \xrightarrow{j=2} 2{,}381 = \frac{n-1}{\frac{n(n+1)}{2}}(10{,}000) \rightarrow n = \mathbf{6}\ yr$$

۸-۱) کل پول حاصل قبل از کسر مالیات پس از ۱۰ سال چقدر خواهد بود در صورتی که ۱۰،۰۰۰ دلار در یک حساب پس‌انداز با نرخ بهره ماهانه ۶ درصد مرکب شود؟ چند سال طول می‌کشد تا مقدار سرمایه‌گذاری شده با همان نرخ سود مرکب به طور نیم سال دو برابر شود؟ در صورتی که بهره مرکب به طور پیوسته باشد، کوتاه‌ترین زمان برای دو برابر شدن پول چند سال است؟

حل:

الف) $P = 10{,}000\,\$\ ,\ i = 0.06\ ,\ N = 10\ \text{yr}\ ,\ m = 12\ ,\ F = p(1+\frac{i}{m})^{mN}\ ,\ F = ?$

$$F = 10{,}000 \times (1+\frac{0.06}{12})^{12\times 10} \approx \mathbf{18{,}200}\,\$$$

ب) $p = 10{,}000\,\$\ ,\ i = 0.06\ ,\ F = 20{,}000\ ,\ m = 2\ ,\ N = ?$

$$20{,}000 = 10{,}000 \times (1+\frac{0.06}{12})^{2N} \rightarrow N = \frac{\ln 2}{2\ln 1.03} = \mathbf{11.7}\ \text{yr}$$

ج) $p = 10{,}000\,\$\ ,\ F = 2p = 20{,}000\ ,\ r = 0.06\ ,\ F = pe^{rN} \rightarrow 20{,}000 = 10{,}000 \times e^{0.06N} \rightarrow$

$$N = \frac{\ln 2}{0.06} = \mathbf{11.55}\ \text{yr}$$

۸-۲) یک کارخانه شیمیایی پیشنهادی نیاز به سرمایه‌گذاری ثابت ۱۰ میلیون دلار دارد. میزان سرمایه عملیاتی مورد نیاز ۲۵ درصد کل سرمایه‌گذاری تخمین زده شده است. استهلاک سالانه نیز ۱۰ درصد سرمایه‌گذاری ثابت برآورد شده است. اگر سود خالص سالانه ۳ میلیون دلار باشد، درصد بازگشت کل سرمایه و مدت بازپرداخت را تعیین کنید.

حل:

$$FCI = 10{,}000{,}000\,\$ \qquad WC = 0.25 \times TCI \qquad dj = 0.1 \times FCI \qquad Npj = 3{,}000{,}000\,\$$$

$$ROI = ? \qquad PBP = ?$$

$$\text{ROI} = \frac{N_{pj}}{TCI} \qquad TCI = FCI + WC = 10{,}000{,}000 + 0.25 \times TCI \rightarrow TCI = 13{,}300{,}000\,\$ \rightarrow$$

$$\text{ROI} = \frac{3{,}000{,}000}{13{,}300{,}000} = 0.225 = 22.5\%$$

$$\text{PBP} = \frac{FCI}{A_j} \qquad Aj = Npj + dj = 3{,}000{,}000 + 0.1 \times 10{,}000{,}000 = 4{,}000{,}000\,\$ \rightarrow$$

$$\text{PBP} = \frac{10{,}000{,}000}{4{,}000{,}000} = 2.5\ \text{yr}$$

۸-۳) مطالعه بر روی یک سرمایه‌گذاری پیشنهادی انجام شده است. نتایج زیر به مدیریت گزارش شده: مدت بازپرداخت ۵ سال است. استهلاک سالانه ۱۰ درصد سرمایه‌گذاری ثابت در سال است و سرمایه‌گذاری ثابت ۸۵ درصد کل سرمایه‌گذاری است. با این اطلاعات نرخ بازگشت سرمایه را تعیین کنید.

حل:

اصغری - شهرودی

$\text{PBP} = 5\ \text{yr} \quad \text{dj} = 0.1 \times \text{FCI}\ \$/\text{yr} \quad \text{FCI} = 0.85 \times \text{TCI} \quad \text{ROI} = ?$

$\text{PBP} = \frac{\text{FCI}}{\text{Aj}} = 5 \rightarrow \text{Aj} = \frac{0.085 \times \text{TCI}}{5} = 0.17\text{TCI}$

$\text{Aj} = \text{Npj} + \text{dj} \rightarrow \text{Npj} = 0.17 \times \text{TCI} - 0.1 \times (0.85 \times \text{TCI}) = 0.085\ \text{TCI}$

$$\text{ROI} = \frac{0.085 \times \text{TCI}}{\text{TCI}} = 0.085 = 8.5\%$$

۸-۴) برای پمپ کردن آب از یک منبع، دو پمپ در نظر گرفته شده است. قیمت نصب شده و ارزش قراضه این دو پمپ در زیر داده شده است:

	پمپ A ($)	پمپ B ($)
قیمت نصب شده	۲۰۰۰۰	۲۵۰۰۰
ارزش قراضه	۲۰۰۰	۴۰۰۰

عمر مفید پمپ A، ۴ سال است. اگر نرخ مؤثر بهره سالانه ۱۵ درصد باشد، عمر مفید پمپ B را طوری تعیین کنید که با پمپ A قابل رقابت باشد. رقابتی بودن مستلزم این است که ارزش نصب شده پمپ‌ها به اضافه هزینه نصب طوری باشد که بهره کافی در طول عمر دستگاه (با افزودن ارزش قراضه) آنقدر باشد که پمپ با قیمت اولیه جایگزین گردد.

حل:

برای اینکه پمپ B با پمپ A قابل رقابت باشد، باید هزینه سرمایه‌گذاری برابر یا کمتری از دستگاه A داشته باشد.

$$K = C_v + \frac{C_R}{(1+i)^n - 1}$$

A: $C_v = 20{,}000$, $C_R = C_v - V_s = 20{,}000 - 2{,}000 = 18{,}000$, $n = 4$, $i = 0.15$ $\rightarrow$

$$\text{K}_\text{A} = 20{,}000 + \frac{18{,}000}{(1+0.15)^4 - 1} = 44032\ \$$$

B: $C_v = 25{,}000$, $C_R = C_v - V_S = 25{,}000 - 4{,}000 = 21{,}000$, $i = 0.15$, $n = ?$

$$K_B = K_A = 44032 = 25{,}000 + \frac{21{,}000}{(1+0.15)^n - 1} \rightarrow n_B = 5.3\ yr$$

۸-۵) یک مبدل حرارتی طراحی شده و برای واحد عایق کاری در نظر گرفته شده است. عایق هایی با ضخامت های ۰٫۰۲۵، ۰٫۰۵۱، ۰٫۰۷۶ یا ۰٫۱۰۲ متر را می توان تهیه کرد. اطلاعات زیر برای ضخامت های مختلف عایق تهیه شده است:

	۰٫۰۲۵ m	۰٫۰۵۱ m	۰٫۰۷۶ m	۰٫۱۰۲ m
انرزی ذخیره شده (kJ/s)	۸۸	۱۰۲	۱۰۸	۱۱۱
هزینه عایق نصب شده ($)	۸۰۰۰	۱۰۱۰۰	۱۱۱۰۰	۱۱۵۰۰
هزینه های ثابت سالانه (درصدی از هزینه نصب)	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰

اصغری - شهروزی

ضخامت عایق چقدر باید باشد؟ ارزش گرما $/GJ ۱/۵ است. برای هر سرمایه گذاری از این نوع لازم است بازگشت سالانه سرمایه پس از پرداخت مالیات ۱۵ درصد باشد. نرخ مالیات بر درآمد ۳۵ درصد در سال است. مبدل ۳۰۰ روز در سال کار می کند.

حل:

قدم اول تعیین میزان صرفه‌جویی سالانه است که معادل مقدار انرژی ذخیره شده منهای مجموع هزینه‌های ثابت و عملیاتی می‌باشد.

$D = 0.025\ m$

انرژی زخیره شده سالانه $= 88\ \frac{Kj}{S} \times 3600\ \frac{S}{hr} \times 24\ \frac{hr}{day} \times 300\ \frac{day}{yr} \times 1.5\ \frac{\$}{Gj} \times 10^{-6}\ \frac{Gj}{Kj} = 3421.44\ \frac{\$}{yr}$

میزان صرفه‌جویی سالانه $=$ انرژی ذخیره شده سالانه - هزینه‌های ثابت سالانه $= 3421.44 - (0.1 \times 8000) = 2621.44\ \frac{\$}{yr}$

درصد بازگشت سالانه سرمایه‌گذاری برابر است با میزان صرفه‌جویی سالانه بر سرمایه‌گذاری اولیه. با توجه به اینکه درصد بازگشت سرمایه‌گذاری پس از پرداخت مالیات ۱۵ درصد است، در محاسبات از میزان صرفه‌جویی سالانه پس از پرداخت مالیات استفاده می‌کنیم.

$$ROI = \frac{0.65 \times 2621.44}{8000} \times 100 = 21.3\ \%\ (> 15\ \%)$$

درصد بازگشت سرمایه‌گذاری سایر عایق‌ها را نیز به همین ترتیب محاسبه می‌کنیم:

D (m)	0.025	0.051	0.076	0.102
ROI (%)	21.3	19	18.1	17.9

از آنجا که درصد بازگشت همه عایق‌ها بیش‌تر از ۱۵ درصد است، از روش بازگشت سرمایه مازاد (Return on incremental investment) برای انتخاب یکی از عایق‌ها استفاده می‌کنیم.

درصد بازگشت سرمایه‌گذاری مازاد $(ROII) = \frac{\text{اختلاف صرفه‌جویی}}{\text{اختلاف سرمایه‌گذاری}}$

مقایسه عایق ۰/۰۵۱ متر با ۰/۰۲۵ متر:

$$ROII = \frac{0.65 \times (2955.76 - 2621.44)}{(10100 - 8000)} \times 100 = 10.35\ \%\ (< 15\ \%) \rightarrow$$

بنابراین عایق با قطر ۰/۰۲۵ متر بهتر از عایق با قطر ۰/۰۵۱ می‌باشد.

مقایسه عایق ۰/۰۷۶ متر با ۰/۰۲۵ متر:

$$ROII = \frac{0.65 \times (3089.04 - 2621.44)}{(11100 - 8000)} \times 100 = 9.8\ \%\ (< 15\ \%)$$

بنابراین عایق با قطر ۰٫۰۲۵ متر بهتر از عایق با قطر ۰٫۰۷۶ می‌باشد.

مقایسه عایق ۰٫۱۰۲ متر با ۰٫۰۲۵ متر:

$$ROII = \frac{0.65 \times (3165.68 - 2621.44)}{(11500 - 8000)} \times 100 = 10.11\ \% \ (< 15\ \%)$$

بنابراین عایق با قطر ۰٫۰۲۵ متر بهترین گزینه است.

۸-۶) یک مهندس طراح استفاده از دو پمپ برای انتقال یک محلول خورنده را بررسی می‌کند. اطلاعات مربوط به پمپ‌ها به صورت زیر است:

	پمپ A	پمپ B
قیمت نصب شده (دلار)	۱۵۰۰۰	۲۲۰۰۰
عمر مفید (سال)	۵	۲

نرخ بهره سالانه‌ای را که دو پمپ با هم می‌توانند رقابت کنند را تعیین کنید. از ارزش قراضه صرف‌نظر کنید. برای تعریف رقابتی بودن، به مسئله ۸-۴ مراجعه کنید. کدام پمپ را پیشنهاد می‌کنید؟

حل:

برای اینکه دو پمپ قابل رقابت با هم باشند، باید هزینه سرمایه‌گذاری برابری داشته باشند.

$$K = C_v + \frac{C_R}{(1+i)^n - 1}$$

$$A:\ C_v = C_R = 15{,}000\ \$ \quad , \quad n = 2\ yr$$

$$B:\ C_v = C_R = 22{,}000\ \$ \quad , \quad n = 5\ yr$$

$$\rightarrow i = ?$$

$$K_A = K_B \quad \rightarrow \quad 15{,}000 + \frac{15{,}000}{(1+i)^2 - 1} = 22{,}000 + \frac{22{,}000}{(1+i)^5 - 1} \qquad \text{حدس و خطا} \quad \rightarrow \quad i \approx 0.63$$

۸-۷) یک شرکت برای کل فرایند به یک راکتور احتیاج دارد. چهار راکتور طراحی شده است که همه آنها نیاز فرایند را تعیین می‌کنند. برای این چهار طراحی از اطلاعات زیر استفاده شده است:

	طراحی ۱	طراحی ۲	طراحی ۳	طراحی ۴
سرمایه‌گذاری ثابت (دلار)	۱۰،۰۰۰	۱۲،۰۰۰	۱۴،۰۰۰	۱۶،۰۰۰
مجموع هزینه‌های ثابت و عملیاتی پس از پرداخت مالیات (کل هزینه‌های دیگر ثابت‌اند)	۳۰۰۰	۲۸۰۰	۲۳۵۰	۲۱۰۰

اگر شرکت نرخ بازگشت ۱۵ درصد پس از پرداخت مالیات را برای سرمایه‌گذاری‌های غیر ضروری در نظر گرفته باشد، کدام سرمایه‌گذاری باید انتخاب شود؟

حل:

با توجه به اینکه اطلاعات لازم برای محاسبه درصد بازگشت سرمایه‌گذاری هر کدام از راکتورها موجود نیست، از روش بازگشت سرمایه‌گذاری مازاد استفاده می‌کنیم.

با فرض درآمد ثابت برای همه‌ی راکتورها:

$$\text{بازگشت سرمایه‌گذاری مازاد} = \frac{\text{اختلاف سود}}{\text{اختلاف سرمایه‌گذاری}} = -\frac{\text{اختلاف هزینه}}{\text{اختلاف سرمایه‌گذاری}}$$

مقایسه راکتور ۲ با ۱:

$$\text{درصد بازگشت سرمایه مازاد} = \frac{3{,}000 - 2{,}800}{12{,}000 - 10{,}000} \times 100 = 10\ \%\ (< 15\ \%) \quad \rightarrow \quad \text{راکتور ۱ بهتر از راکتور ۲ است.}$$

مقایسه راکتور ۳ با ۱:

$$\text{درصد بازگشت سرمایه مازاد} = \frac{3{,}000 - 2{,}350}{14{,}000 - 10{,}000} \times 100 = 16.25\ \%\ (> 15\ \%) \quad \rightarrow \quad \text{راکتور ۳ بهتر از راکتور ۱ است.}$$

مقایسه راکتور ۴ با ۳:

$$\text{درصد بازگشت سرمایه مازاد} = \frac{2{,}350 - 2{,}100}{16{,}000 - 14{,}000} \times 100 = 12.5\ \%\ (< 15\ \%) \quad \rightarrow \quad \text{راکتور ۳ بهتر از راکتور ۴ است.}$$

با توجه به محاسبات، راکتور ۳ پیشنهاد می‌شود.

۸-۸) در طراحی یک کارخانه شیمیایی، هزینه ها و درآمدها پس از رسیدن کارخانه به نرخ تولید مطلوب به صورت زیر است:

کل سرمایه گذاری : ۱۰،۰۰۰،۰۰۰ $

سرمایه گذاری عملیاتی : ۱،۰۰۰،۰۰۰ $

فروش سالانه : ۸،۰۰۰،۰۰۰ $/yr

هزینه های سالانه: ۲،۰۰۰،۰۰۰ $/yr

با در نظر گرفتن روش استهلاک خط مستقیم در طول ۱۰ سال موارد زیر را تعیین کنید :

الف) بازگشت سرمایه پس از پرداخت مالیات

ب) مدت بازپرداخت

حل:

الف)

$$\text{FCI} = \text{TCI} - \text{WC} = 10{,}000{,}000 - 1{,}000{,}000 = 9{,}000{,}000\ \$$$

استهلاک سالانه با استفاده از روش خط استهلاک مستقیم : $d_j = \frac{FCI}{n} = \frac{9{,}000{,}000}{10} = 900{,}000\ \$$

$$G_j = s_j - c_{oj} - d_j = 8 \times 10^6 - 2 \times 10^6 - 0.9 \times 10^6 = 5.1 \times 10^6 \frac{\$}{yr}$$

$$\mathrm{N}_{pj} = \mathrm{G}_j(1 - \emptyset) = 5.1 \times 10^6(1 - 0.35) = 3.315 \times 10^6 \frac{\$}{yr}$$

بازگشت سرمایه پس از پرداخت مالیات : $ROI = \frac{N_{pj}}{TCI} = \frac{3.315 \times 10^6}{10 \times 10^6} \times 100 = \mathbf{33.15}\ \%$

ب)

$$\mathrm{A_j} = \mathrm{N_{pj}} + \mathrm{d_j} = 3.315 \times 10^6 + 0.9 \times 10^6 = 4.215 \times 10^6 \frac{\$}{\mathrm{yr}}$$

مدت زمان بازپرداخت : $PBP = \frac{FCI}{A_j} = \frac{9 \times 10^6}{4.215 \times 10^6} = \mathbf{2.135}\ \mathrm{yr}$

۸-۹) ارزش یک انبار موجود ۵۰۰،۰۰۰ دلار و ارزش متوسط کالاهای انبار شده ۴۰۰،۰۰۰ دلار است. نرخ بیمه سالانه انبار ۱/۱ درصد و نرخ بیمه کالاهای موجود در انبار ۰/۹۵ درصد است. اگر یک سیستم آتش‌نشانی در انبار نصب شود، هر دو نرخ بیمه به $\frac{3}{4}$ نرخ اولیه کاهش می‌یابند. قیمت سیستم آتش‌نشانی نصب شده ۲۰،۰۰۰ دلار است. هزینه‌های سالانه اضافی برای نگهداری، نظارت و مالیات ۳۰۰ دلار است. دوره زمانی استهلاک برای سیستم آتش‌نشانی ۲۰ سال است. سرمایه مورد نیاز برای نصب نیز موجود است. انبار هم‌اکنون دارای نرخ بازگشت سرمایه ۸ درصدی است. دلایل خود را برای نصب یا عدم نصب سیستم آتش‌نشانی ارایه کنید.

حل:

چون دوره زمانی استهلاک برای سیستم آتش‌نشانی ۲۰ سال است، تفاوت در هزینه‌های بیمه را در صورت نصب و عدم نصب سیستم آتش‌نشانی برای ۲۰ سال مقایسه می‌کنیم.

هزینه‌های بیمه قبل از نصب سیستم آتش‌نشانی:

بیمه انبار $= 500{,}000 \times 0.011 \times 20 = 110{,}000\ \$$

بیمه کالاهای موجود در انبار $= 400{,}000 \times 0.0095 \times 20 = 76{,}000\ \$$

مجموع هزینه‌های بیمه $= 110{,}000 + 76{,}000 = 186{,}000\ \$$

هزینه‌های بیمه بعد از نصب سیستم آتش‌نشانی:

بیمه انبار $= (500{,}000 + 20{,}000) \times \left(0.011 \times \frac{3}{4}\right) \times 20 = 85{,}800\ \$$

بعد از نصب سیستم آتش‌نشانی، قیمت سیستم نصب‌شده نیز به ارزش انبار افزوده می‌شود.

بیمه کالاهای موجود در انبار $= 400{,}000 \times \left(0.0095 \times \frac{3}{4}\right) \times 20 = 57{,}000\ \$$

هزینه نصب سیستم آتش‌نشانی $= 20{,}000\ \$$

هزینه‌های اضافی برای نگه‌داری، نظافت و مالیات $= 300 \times 20 = 6{,}000\ \$$

مجموع هزینه‌ها در صورت نصب سیستم آتش‌نشانی $= 85{,}800 + 57{,}000 + 20{,}000 + 6{,}000 = 169{,}000\ \$$

میزان صرفه‌جویی در هزینه‌ها با نصب سیستم آتش‌نشانی در طول ۲۰ سال $= 186{,}000 - 169{,}000 = 17{,}000\ \$$

$$\text{ROI} = \frac{\frac{17{,}000}{20}\ \frac{\$}{yr}}{20{,}000} \times 100 = 4.25\ \%\ (< 8\ \%)$$

با توجه به اینکه نصب سیستم آتش‌نشانی میزان بازگشت سرمایه را کاهش می‌دهد، از دیدگاه سهامداران نصب آن به صرفه نیست ولی از نقطه نظر ایمنی انبار، بهتر است که نصب شود.

۸-۱۰) یک کارخانه شیمیایی پیشنهادی دارای درآمد و هزینه های زیربر حسب میلیون دلار است:

سال	هزینه های عملیاتی سالانه (بدون استهلاک)	درآمد سالیانه
۱	۴	۷
۲	۵٫۶	۱۰
۳	۶٫۸	۱۵
۴	۷٫۸	۲۰
۵	۸٫۸	۲۲٫۵
۶	۹٫۶	۲۴
۷	۱۰	۲۵

سرمایه گذاری ثابت کارخانه ۵۰ میلیون دلار و سرمایه گذاری عملیاتی آن ۷٫۵ میلیون دلار است. با استفاده از جدول زمان بندی استهلاک MACRS با گروه عمر ۵ ساله موارد زیر را تعیین کنید. (نرخ مالیات بر درآمد را ۳۵ درصد درآمد ناخالص در نظر بگیرید).

الف) گردش وجوه نقد سالانه

ب) ارزش خالص فعلی، با نرخ اسمی نزولی ۱۵ درصد

ج) DCFR

حل:

الف)

$$A_j = N_{pj} + d_j = \left(S_j - C_{oj} - d_j\right) \times (1 - \emptyset) + d_j$$

year	S_j	C_{oj}	d_j (rate %)	d_j	A_j
1	7	4	20	10	5.45
2	10	5.6	32	16	8.46
3	15	6.8	19.20	9.6	8.69
4	20	7.8	11.52	5.76	9.946
5	22.5	8.8	11.52	5.76	10.921
6	24	9.6	5.76	2.88	10.368
7	25	10	0	0	9.75

* تمامی اعداد بر حسب میلیون دلار هستند.

ب)

$$NPW = \sum_{j=1}^{N} PWF_{cf,j}\left[(s_j - c_{oj} - d_j)(1-\emptyset) + rec_j + d_j\right] - \sum_{j=-b}^{N} PWF_{\upsilon,j}\, T_j$$

از جدول ۷-۳ داریم:

$$PWF_{cf,j} = (1+i)^{-j} = (1+0.15)^{-j}$$

$$rec_j = 0 \ , i = 0.15$$

$$\begin{aligned} NPW = {} & (1.15)^{-1}[(7-4-10)(1-0.35)+10] + (1.15)^{-2}[(10-5.6-16)(1-0.35)+16] \\ & + (1.15)^{-3}[(15-6.8-9.6)(1-0.35)+9.6] + (1.15)^{-4}[(20-7.8-5.76)(1-0.35)+5.76] \\ & + (1.15)^{-5}[(22.5-8.8-5.76)(1-0.35)+5.76] \\ & + (1.15)^{-6}[(24-9.6-2.88)(1-0.35)+2.88] + (1.15)^{-7}(25-10-0)(1-0.35)+0) - 50 \\ & = \mathbf{-13.886}\ million\ \$ \end{aligned}$$

ج)

$$NPW = 0 \quad \rightarrow \quad i = ?$$

$$\begin{aligned} 0 = {} & (1+i)^{-1}[(7-4-10)(1-0.35)+10] + (1+i)^{-2}[(10-5.6-16)(1-0.35)+16] \\ & + (1+i)^{-3}[(15-6.8-9.6)(1-0.35)+9.6] + (1+i)^{-4}[(20-7.8-5.76)(1-0.35)+5.76] \\ & + (1+i)^{-5}[(22.5-8.8-5.76)(1-0.35)+5.76] \\ & + (1+i)^{-6}[(24-9.6-2.88)(1-0.35)+2.88] + (1+i)^{-7}(25-10-0)(1-0.35)+0) \\ & - 50 \end{aligned}$$

$\rightarrow$ با استفاده از حدس و خطا : $i = \mathbf{0.059}$

۸-۱۱) یک نیروگاه برق بخشی از یک کارخانه را برای تولید برق به خود اختصاص داده است. دو جایگزین برای نیروگاه برق با ظرفیت لازم پیشنهاد شده است. در یکی از آنها از جوش‌آورنده و توربین بخار و در دیگری از توربین گازی استفاده استفاده می‌شود. اطلاعات زیر در مورد این دو پیشنهاد ارایه شده است:

	جوش‌آورنده و توربین بخار	توربین گاز
سرمایه‌گذاری اولیه($)	۶۰۰،۰۰۰	۴۰۰،۰۰۰
هزینه سوخت در سال($)	۱۶۰،۰۰۰	۳۳۰،۰۰۰

تعمیر و نگه‌داری در سال ($)	۱۲،۰۰۰	۱۵،۰۰۰
بیمه و مالیات در سال ($)	۱۸،۰۰۰	۱۲،۰۰۰
دوره بازیابی استهلاک (سال)	۲۰	۱۰
ارزش قراضه در پایان عمر مفید($)	۰	۰

کل هزینه‌های دیگر برای دو نیروگاه یکسان است. برای هر دو سرمایه‌گذاری بازگشت ۱۲ درصدی لازم است. یکی از این دو نیروگاه باید انتخاب شود.کدام یک را پیشنهاد می‌کنید؟

حل:

مقایسهٔ جوش‌آورنده و توربین بخار(۱) با توربین گاز(۲):

$$\text{بازگشت سرمایه‌گذاری مازاد} = \frac{\text{اختلاف سود}}{\text{اختلاف سرمایه‌گذاری}} = -\frac{\text{اختلاف هزینه}}{\text{اختلاف سرمایه‌گذاری}}$$

هزینه‌های سالانه(دلار بر سال)	جوش‌آورنده و توربین بخار	توربین گاز
هزینه‌ی سوخت	160,000	230,000
هزینه‌ی تعمیر و نگه‌داری	12,000	15,000
بیمه و مالیات	18,000	12,000
استهلاک	600,000/20	400,000/10
سایر هزینه‌ها	x	x
مجموع هزینه‌ها	220,000+x	297,000+x

$$\text{بازگشت سرمایه‌گذاری مازاد} = -\frac{(220{,}000+x)-(297{,}000+x)}{600{,}000-400{,}000} \times 100 = 38.5\% \ (> 12\%)$$

بنابراین نیروگاهی که از جوش‌آورنده و توربین بخار استفاده می‌کند، پیشنهاد می‌شود.

۸-۱۲) برای ادامه یک کارخانه شیمیایی لازم است تاسیسات آن گسترش یابد. دو انتخاب وجود دارد. یکی از آنها توسعه کارخانه موجود می‌باشد. هزینه این توسعه ۱۳۰،۰۰۰ دلار است. هزینه نیروی کار اضافی ۱۵۰،۰۰۰ دلار در سال در حالی که هزینه اضافی برای استهلاک، مالیات دارایی و بیمه ۶۰،۰۰۰ دلار در سال است. دومین انتخاب نیاز به ساخت و کارکرد کارخانه‌ای جدید در ۵۰ مایلی محل کارخانه فعلی است. جذابیت این انتخاب به خاطر ارزان‌تر بودن نیروی کار در محل جدید است.کارخانه جدید نیاز به ۲۰۰،۰۰۰ دلار سرمایه‌گذاری دارد. هزینه نیروی کار ۱۲۰،۰۰۰ دلار در سال است. هزینه‌های اضافی ۲۰،۰۰۰ دلار در سال است. بیمه سالانه و مالیات دارایی ۲ درصد سرمایه‌گذاری اولیه می‌باشد. سایر هزینه‌ها به جز استهلاک در هر دو مکان یکسان است. اگر حداقل بازگشت قابل قبول برای سرمایه‌گذاری‌های غیر ضروری پس از پرداخت مالیات بر درآمد ۳۵

درصدی، ۹ درصد در سال باشد، حداقل دوره بازیابی استهلاک برای کارخانه در محل دورتر را طوری پیدا کنید که بازگشت مازاد لازم به دست آید. ارزش قراضه باید صفر در نظر گرفته شده و از روش خط مستقیم استهلاک استفاده شود.

حل:

	توسعه کارخانه موجود	احداث کارخانه‌ی جدید
هزینه‌ی نیروی کار	150,000	120,000
هزینه‌های اضافی	-	70,000
استهلاک	60,000	?
مالیات دارایی و بیمه		0.02×200,000
سایر هزینه‌ها	x	x
مجموع هزینه‌ها ($/yr)	210,000+x	194,000+x+d_j
سرمایه‌گذاری ($)	130,000	200,000

$$\text{بازگشت سرمایه‌گذاری مازاد پس از پرداخت مالیات} = -\frac{\text{اختلاف هزینه}}{\text{اختلاف سرمایه‌گذاری}} \times (1-\emptyset) \times 100 = 9$$

$$\rightarrow \quad -\frac{(194{,}000+x+d_j)-(210{,}000+x)}{200{,}000-130{,}000} \times (1-0.35) = 0.09 \quad \rightarrow \quad d_j = 6308 \ \$/\text{yr}$$

$$d_j = \frac{FCI}{n} \quad \rightarrow \quad n = \frac{200{,}000}{6308} = 31.7 \ \text{yr}$$

۸-۱۳) یک شرکت شیمیایی در حال بررسی به منظور جایگزینی یک راکتور ناپیوسته با یک راکتور پیوسته است. واحد قدیمی ۵ سال پیش هنگامی که نو بود ۴۰،۰۰۰ دلار ارزش داشت و استهلاک به صورت خط مستقیم با تخمین ۱۰ سال عمر مفید با ارزش قراضه نهایی ۱۰۰۰ دلار تخمین زده شده است. ارزش واحد جدید ۷۰،۰۰۰ دلار است. این واحد بدون در نظر گرفتن استهلاک باعث صرفه‌جویی هزینه به میزان ۱۵،۰۰۰ دلار در سال می‌شود. برای استهلاک از روش خط مستقیم با عمر مفید ۱۰ سال و بدون ارزش قراضه استفاده می‌شود. کلیه هزینه‌ها به جز نیروی کار، بیمه، مالیات و استهلاک برای هر دو واحد یکسان فرض می‌شود. واحد قدیمی را می‌توان در حال حاضر ۵۰۰۰ دلار فروخت. مالیات بر درآمد ۳۵ درصد در سال است.اگر حداقل نرخ قابل بازگشت بعد از پرداخت مالیات برای هر سرمایه‌گذاری ۱۵ درصد باشد، آیا جایگزینی باید صورت گیرد؟

حل:

$$\text{بازگشت سرمایه‌گذاری مازاد پس از پرداخت مالیات} = -\frac{\text{اختلاف هزینه}}{\text{اختلاف سرمایه‌گذاری}} \times (1-\emptyset)$$

روش خط استهلاک مستقیم : $d_j = \frac{V_0 - V_S}{n}$

	V_0 ($)	V_S ($)	n (yr)	d_j ($/yr)	C_{oj}	ارزش بازاری سرمایه (ارزش فعلی)
راکتور پیوسته (قدیمی)	40,000	1000	10	3,900	E	5000
راکتور ناپیوسته (جدید)	70,000	0	10	7000	E-15,000	70,000

مقایسه‌ی واحد جدید با واحد قبلی:

$$ROII = -\frac{(E - 15{,}000 + 7000) - (E + 3{,}900)}{70{,}000 - 5000} \times (1 - 0.35) \times 100 = 11.9\% \ (< 15\%)$$

بنابراین جایگزینی نباید انجام بگیرد.

توجه: برای محاسبه استهلاک سالانه از ارزش اولیه دستگاه در زمان نو بودن آن و برای محاسبه اختلاف سرمایه‌گذاری از ارزش بازاری سرمایه استفاده می‌کنیم.

۸-۱۴) سرمایه‌گذاری ثابت برای یک پروژه ۱،۰۰۰،۰۰۰ دلار و سرمایه‌گذاری عملیاتی آن ۱۰۰،۰۰۰ دلار است. سرمایه‌گذاری ثابت بر مبنای روش خط مستقیم و در پایان سال پنجم، به مقدار ارزش دفتری صفر مستهلک می‌شود. درآمد سالانه در این ۵ سال ۵۰۰،۰۰۰ دلار است. کل هزینه محصول به جز استهلاک سالانه ۱۰۰،۰۰۰ دلار است. نرخ کاهش ۱۰ درصد و نرخ مالیات بر درآمد ۳۵ درصد است. یک صفحه گسترده از گردش وجه نقد سالانه، گردش وجه نقد نزولی و ارزش خالص فعلی تهیه کنید. فرض کنید سرمایه‌گذاری به طور یکجا در زمان صفر انجام شود. درآمدها و هزینه‌ها به طور پیوسته اتفاق می‌افتد و کاهش پیوسته دارند. حال برای درآمدها و هزینه‌ها یک نرخ تورم ۵ درصدی فرض کنید. مجددا صفحه گسترده دیگری برای گردش وجه نقد سالانه، گردش وجه نقد نزولی . ارزش خالص فعلی برای هر سال تهیه کنید.

حل:

الف)

$$FCI = 1{,}000{,}000\ \$\ ,\ WC = 100{,}000\ \$\ ,\ S_j = 500{,}000\ \frac{\$}{yr}\ ,\ C_{oj} = 100{,}000\ \$\ ,\ \emptyset = 0.35$$

$$\mathrm{d}_j = \frac{V_0 - V_S}{n} = \frac{1{,}000{,}000 - 0}{5} = 200{,}000\ \frac{\$}{yr}\ \ ,\ A_j = ?\ ,\ NPW = ?\ ,\ DCFR = ?$$

$$\mathrm{A}_j = N_{pj} + d_j = \left(S_j - C_{oj} - d_j\right) \times (1 - \emptyset) + d_j$$

$$\mathrm{NPW} = \sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{N}} \mathrm{PWF}_{\mathrm{cf,j}} \left[(\mathrm{s_j} - \mathrm{c_{oj}} - \mathrm{d_j})(1 - \emptyset) + \mathrm{d_j}\right] - \sum_{\mathrm{j}=-\mathrm{b}}^{\mathrm{N}} \mathrm{PWF}_{\upsilon,\mathrm{j}}\, \text{₮}_{\mathrm{j}}$$

با توجه به اینکه گردش وجه نقد و کاهش سود به طور پیوسته اتفاق می‌افتد، از ضریب ارزش فعلی موجود در جدول ۷-۵ استفاده می‌کنیم.

$$\mathrm{PWF}_{\mathrm{cf,j}} = \left(\frac{e^{r} - 1}{r}\right) \times e^{-rj} \quad ,\ r = 0.1$$

Year	S_j	C_{oj}	d_j	A_j	$PWF_{cf,j}$	$A_j \times PWF_{cf,j}$
1	500,000	100,000	200,000	330,000	0.951626	314036.5
2	500,000	100,000	200,000	330,000	0.861067	284152
3	500,000	100,000	200,000	330,000	0.779125	257111.4
4	500,000	100,000	200,000	330,000	0.704982	232644
5	500,000	100,000	200,000	330,000	0.637894	210505
						=1298449

توجه: چون همه‌ی سرمایه‌گذاری در زمان صفر انجام می‌گیرد داریم:

$\sum_{j=-b}^{N} PWF_{\upsilon,j}\, \text{Ŧ}_j = FCI$

$$NPW = \sum_{j=1}^{N} (PWF_{cf,j} \times A_j) - FCI = 1{,}298{,}449 - 1{,}000{,}000 = 298{,}449\ \$$$

$DCFR:\ NPW = 0 \quad \rightarrow \quad r = ?$

$$0 = \sum_{j=1}^{N} \left(\frac{e^r - 1}{r} \times e^{-rj} \times A_j\right) - FCI \quad \rightarrow \text{ با استفاده از حدس و خطا } : r = \mathbf{0.2203}$$

ب) با در نظر گرفتن نرخ تورم ۵ درصدی برای درآمدها و هزینه‌ها داریم:

Year	S_j	C_{oj}	d_j	A_j	$PWF_{cf,j}$	$A_j \times PWF_{cf,j}$
1	500,000	100,000	200,000	330,000	0.951626	314,036.5
2	525,000	105,000	200,000	343,000	0.861067	295,345.9
3	551,250	110,250	200,000	356,650	0.779125	277,875
4	578,813	115,762.5	200,000	370,982.5	0.704982	261,535.9
5	607,753	121,550.6	200,000	386,031.6	0.637894	246,247.2
						1,395,041

$$NPW = \sum_{j=1}^{N} (PWF_{cf,j} \times A_j) - FCI = 1{,}395{,}041 - 1{,}000{,}000 = 395{,}041\ \$$$

$DCFR:\ NPW = 0 \quad \rightarrow \quad r = ?$

$$0 = \sum_{j=1}^{N} \left(\frac{e^r - 1}{r} \times e^{-rj} \times A_j\right) - FCI \quad \rightarrow \text{ با استفاده از حدس و خطا } : r = \mathbf{0.2502}$$

۸-۱۵) مالک یک کارخانه ضدیخ، واحد کوچک کنسروسازی را ۱۰ سال پیش به قیمت ۵۰۰۰ دلار خریداری کرده است. واحد کاملا مستهلک شده است ولی مالک معتقد است دستگاه ۵ سال دیگر هم کار مفید انجام خواهد داد. در پایان ۵ سال ارزش قراضه دستگاه صفرخواهد شد. مالک در حال حاضر فرصت خرید یک واحد کنسروسازی بسیار مناسب با قیمت ۶۰۰۰ دلار و عمر مفید ۱۰ سال و ارزش قراضه صفر را دارد. واحد جدید هزینه نیروی کار و نگهداری سالانه را ۱۰۰۰ دلار کاهش داده و هزینه‌های سالانه برای مالیات و بیمه را ۱۰۰ دلار افزایش می‌دهد. تمام هزینه‌ها به جز استهلاک بدون تغییر باقی می‌ماند. اگر واحد قدیمی ۶۰۰ دلار فروخته شود، مالک در صورت تصمیم به جایگزینی چه بازگشت سرمایه‌ای عایدش می‌شود؟

حل:

با توجه به اینکه واحد قدیمی کاملا مستهلک شده است، هزینه‌ی استهلاک اولیه به اتمام رسیده و در صورت ادامه‌ی استفاده، در ۵ سال بعدی، هزینه‌ی استهلاک به ارزش قراضه تعلق می‌گیرد.

	واحد قدیمی	واحد جدید
استهلاک	600/5=120	(6000-0)/10=600
هزینه‌ی نیروی کار و نگه‌داری سالانه	A	A-1000
هزینه‌های مالیات و بیمه سالانه	B	B+100
سایر هزینه‌ها	C	C
ارزش بازاری سرمایه	600	6000

مقایسه‌ی واحد جدید با واحد قدیمی:

$$\text{بازگشت سرمایه‌گذاری مازاد} = -\frac{\text{اختلاف هزینه}}{\text{اختلاف سرمایه‌گذاری}}$$

$$= -\frac{(600 + A - 1000 + B + 100 + C) - (120 + A + B + C)}{6000 - 600} \times 100 = 7.78\ \%$$

مالک در صورت تصمیم به جایگزینی، بازگشت سرمایه‌ای برابر با ۷/۷۸ درصد عایدش می‌شود.

۸-۱۶) یک مهندس در طراحی کارخانه‌ای باید سیستم پیوسته یا ناپیوسته را انتخاب کند. سیستم ناپیوسته هزینه اولیه کمتری دارد ولی هزینه نیروی کار آن بیشتر است؛ بنابراین هزینه عملیاتی بیشتری دارد. گردش وجه نقد مربوط به این تصمیم‌گیری به صورت زیر تخمین زده شده است:

	سرمایه‌گذاری اولیه($) (سال ۰)	گردش وجوه نقد ($/yr) (سال ۱۰-۱)	نرخ بازگشت گردش نزولی	ارزش خالص فعلی در ۱۰٪ ($)
سیستم پیوسته	۲۰،۰۰۰	۵۶۰۰	٪ ۲۵	۱۴،۴۰۰
سیستم ناپیوسته	۳۰،۰۰۰	۷۶۵۰	٪۲۲	۱۷،۰۰۰

مقادیر داده شده برای نرخ بازگشت نزولی گردش وجه نقد و ارزش خالص فعلی را بررسی کنید. اگر شرکت نیاز به حداقل نرخ بازگشت ۱۰ درصد داشته باشد، کدام سیستم را باید انتخاب کرد؟

حل:

بررسی مقادیر داده شده برای نرخ بازگشت نزولی گردش وجه نقد وارزش خالص فعلی:

سیستم ناپیوسته:

از جدول ۷-۳ داریم: $\mathrm{PWF_{cf,j}} = (1+\mathrm{i})^{-\mathrm{j}}$

$$\mathrm{NPW} = \sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{N}} (\mathrm{PWF_{cf,j}} \times \mathrm{A_j}) - \mathrm{FCI} = \mathrm{A}_j \times \sum_{j=1}^{N} (1+i)^{-j} - FCI = 5{,}600 \times \sum_{j=1}^{N} (1.1)^{-j} - 20{,}000 = 14{,}409.58 \approx 14{,}400\ \$$$

$$DCFR: \quad 0 = 5600 \times \sum_{j=1}^{N} (1+i)^{-j} - 20{,}000 \quad \rightarrow \text{با حدس و خطا } i = 0.25$$

سیستم پیوسته:

$$\mathrm{NPW} = \sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{N}} (\mathrm{PWF_{cf,j}} \times \mathrm{A_j}) - \mathrm{FCI} = \mathrm{A}_j \times \sum_{j=1}^{N} (1+i)^{-j} - FCI = 7650 \times \sum_{j=1}^{N} (1.1)^{-j} - 30{,}000 = 17{,}005.94 \approx 17{,}000\ \$$$

$$DCFR: \quad 0 = 7650 \times \sum_{j=1}^{N} (1+i)^{-j} - 30{,}000 \quad \rightarrow \text{با حدس و خطا } i = 0.22$$

از مقایسه‌ی سیستم پیوسته با ناپیوسته داریم:

$$\text{بازگشت سرمایه‌گذاری مازاد} = \frac{\text{اختلاف سود}}{\text{اختلاف سرمایه‌گذاری}} = \frac{7650 - 5600}{30{,}000 - 20{,}000} \times 100 = 20.5\% > 10\%$$

بنابراین با حداقل نرخ بازگشت ۱۰ درصد، سیستم ناپیوسته را باید انتخاب کرد.

۸-۱۷) به یک شرکت نفتی اجاره گروهی از چاه‌های نفت که در آنها ذخیره اولیه رو به اتمام است، پیشنهاد شده است. شرط اصلی برای خرید آن است که شرکت نفتی با انجام پروژه کنترل سیل در پایان ۵ سال به منظور بازیابی دوم موافقت کند. شرکت نفتی در اواسط پروژه ملزم به پرداخت هیچ گونه وجهی نخواهد بود. گردش وجوه مربوط به صورت زیر تخمین زده شده است:

سال				نرخ بازگشت گردش وجه نقد نزولی	ارزش خالص فعلی در ۱۰٪
۰	۱-۴	۵	۶-۲۰		
۰	۵۰،۰۰۰$/yr	-۶۵۰،۰۰۰$	۱۰۰،۰۰۰$/yr	؟	۲۴۲،۰۰۰$

به جز برای مخارجی که به طور یک‌مرتبه در پایان ۵ سال اتفاق می‌افتند، از گردش وجه نقد ثابت و پیوسته استفاده شده است. برای تمام گردش وجوه نقد از کاهش ۱۰ درصدی پیوسته استفاده شده است. ارزش خالص فعلی را بررسی کنید. آیا اجاره و پروژه سیل مورد قبول واقع شده است؟ این پیشنهاد چگونه برای هیأت مدیره شرکت که آن را درک کرده و آن را سیاست خود برای ارزیابی پیشنهادها با استفاده از روش نرخ بازگشت گردش وجه نقد قرار داده باید ارائه شود؟

حل:

بررسی مقدار داده شده برای ارزش خالص فعلی:

به غیر از سال ۵ ام، از گردش وجه نقد پیوسته و کاهش سود پیوسته استفاده می‌کنیم، بنابراین از جدول ۷–۵ داریم:

$$\mathrm{PWF_{cf,j}} = (\frac{\mathrm{e^{r}} - 1}{\mathrm{r}}) \times \mathrm{e^{-rj}}$$

در پایان سال ۵ ام، یک سرمایه‌گذاری گسسته انجام می‌شود. با توجه به اینکه کاهش سود پیوسته است، از ضریب ارزش فعلی جدول ۷–۴ استفاده می‌کنیم:

$$\mathrm{PWF_{\upsilon,j}} = e^{-rj} \quad , \quad j = 5$$

$$\mathrm{NPW} = \sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{N}} \mathrm{PWF_{cf,j}} \left[(\mathrm{s_j} - \mathrm{c_{oj}} - \mathrm{d_j})(1 - \emptyset) + \mathrm{d_j}\right] - \sum_{\mathrm{j=-b}}^{\mathrm{N}} \mathrm{PWF_{\upsilon,j}}\, \text{Ŧ}_{\mathrm{j}}$$

$$\mathrm{NPW} = \sum_{\substack{\mathrm{j=1} \\ j \neq 5}}^{20} (\frac{\mathrm{e^{r}} - 1}{\mathrm{r}}) \times \mathrm{e^{-rj}} \times A_j - (e^{-5r} \times \text{Ŧ}_5) = 241{,}790 \approx 242{,}000\ \$ \quad , \quad r = 0.1$$

year	A_j	$PWF_{cf,j}$	$A_j \times PWF_{cf,j}$
1	50,000	0.951626	47,581.29
2	50,000	0.861067	43,053.33
3	50,000	0.779125	38,956.27
4	50,000	0.704982	35,249.09
6	100,000	0.57719	57,719.02
7	100,000	0.522263	52,226.33
8	100,000	0.472563	47,256.34
9	100,000	0.427593	42,759.30
10	100,000	0.386902	38,690.22
11	100,000	0.350084	35,008.36
12	100,000	0.316769	31,676.87
13	100,000	0.286624	28,662.42
14	100,000	0.259348	25,934.83
15	100,000	0.234668	23,466.80
16	100,000	0.212336	21,233.64

اصغری - شهرزی

17	100,000	0.19213	19,212.99
18	100,000	0.173846	17,384.64
19	100,000	0.157303	15,730.27
20	100,000	0.142333	14,233.34
	T_j	$PWF_{\upsilon,j}$	$T_j \times PWF_{\upsilon,j}$
5	-650,000	0.606531	-394,245
			=241,790.4 $

توجه:

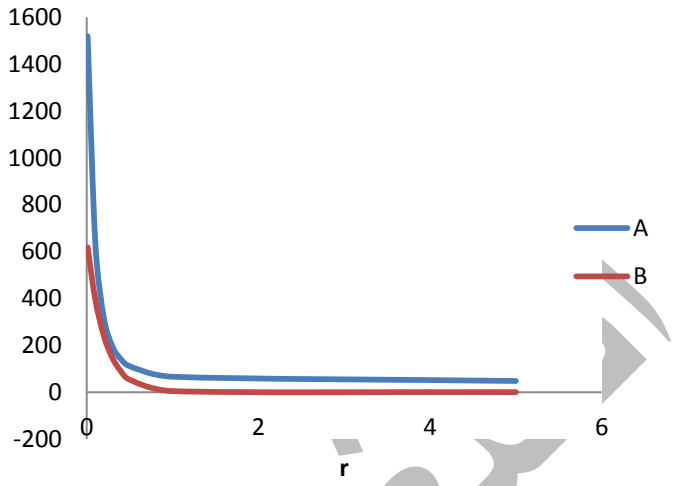
$NPW = A - B$, A: ارزش فعلی گردش وجوه نقد B: ارزش فعلی سرمایه‌گذاری

وقتی سرمایه‌گذاری اولیه در زمان صفر انجام می‌گیرد و NPW به ازای مقدار مشخصی از r مثبت است، با افزایش ضریب کاهش، ارزش فعلی گردش وجوه نقد کاهش می‌یابد و به ازای r مشخصی با ارزش فعلی سرمایه‌گذاری برابر شده وارزش خالص فعلی برابر صفر می‌شود. در اینجا چون سرمایه‌گذاری در سال ۵ ام انجام می‌شود، با توجه به ضرایب کاهش نمایی ، با افزایش r، مقادیر ارزش فعلی گردش وجوه نقد و ارزش فعلی سرمایه‌گذاری هر دو کاهش می‌یابند و به ازای هیچ ضریب کاهشی با هم برابر نمی‌شوند. بنابراین نرخ بازگشت نزولی گردش وجه نقد برای این مسئله تعریف نشده است.

r	A	B
0.01	1518.87	618.2991
0.1	636.0354	394.2449
0.2	314.7136	239.1216
0.3	194.4024	145.0346
0.4	139.8842	87.96793
0.5	111.1087	53.35525
1	65.73328	4.379666
5	47.64867	9.03E-09

اصغری - تهرانی

10	47.58152	1.25E-19
100	47.58129	4.63E-215
500	47.58129	0



با توجه به اینکه نرخ بازگشت گردش وجه نقد نزولی برای مسئله تعریف نشده، از ارزش خالص فعلی برای بررسی پروژه‌ی سیل استفاده می‌کنیم و چون ارزش خالص فعلی مقداری مثبت است، پروژه‌ی سیل قابل قبول است.

۸-۱۸) یک فرایند با سرمایه‌گذاری قابل استهلاک ۱۰۰ میلیون دلار باید در مدت ۳ سال ساخته شود. در هنگام راه‌اندازی، ۲۰ میلیون دلار سرمایه عملیاتی لازم است. انتظار می‌رود کارخانه مدت ۱۰ سال کار کند. در ظرفیت کامل کارخانه انتظار می‌رود در سال سوم و در سال‌های بعد از آن درآمد حاصل از فروش ۱۵۰ میلیون دلار در سال و هزینه‌های عملیاتی کل به غیر از استهلاک ۱۰۰ میلیون دلار در سال باشد. در طول سال‌های اول و دوم عملیات پیش‌بینی می‌شود درآمد حاصل از فروش به ترتیب ۵۰ و ۷۰ درصد درآمد فروش سال سوم و سال‌های بعد از آن باشد. هزینه‌های عملیاتی در سال‌های اول و دوم مشابه سال سوم و سال‌های بعد از آن است. فرض کنید نرخ مالیات بر درآمد ۳۵ درصد باشد. سال سوم را به عنوان مبنا انتخاب نمایید. تعیین کنید:

الف) نرخ بازگشت سرمایه پس از پرداخت مالیات

ب) دوره زمانی بازپرداخت

حل:

الف)

با توجه به اینکه اطلاعاتی در مورد نحوه‌ی سرمایه‌گذاری در طول ۳ سال وجود ندارد، فرض می‌کنیم مقدار سرمایه‌گذاری در هر ۳ سال مساوی و برابر با ۳۳،۳۳۳،۳۳۳ دلار می‌باشد. بنابراین با فرض اینکه مدت عملکرد کارخانه ۱۰ سال است، در محاسبه‌ی استهلاک باید توجه داشته باشیم که سرمایه‌گذاری سال اول در مدت ۱۰ سال، سرمایه‌گذاری سال دوم در مدت ۹ سال و سرمایه‌گذاری سال سوم در مدت ۸ سال مستهلک می‌شود.

$$\text{Total FCI} = 100 \text{ million \$}$$

$$\text{سال اول : FCI} = 33{,}333{,}333 \text{ \$} \quad \text{dj} = \frac{33{,}333{,}333}{10} = 3{,}333{,}333 \text{ \$}$$

سال دوم : $FCI = 33{,}333{,}333\ \$ \quad dj = \frac{33{,}333{,}333}{9} = 3{,}703{,}704\ \$$

سال سوم : $FCI = 33{,}333{,}333\ \$ \quad d_j = \frac{33{,}333{,}333}{8} = 4{,}166{,}667\ \$$

سال	استهلاک سالانه برای سرمایه-گذاری سال اول (دلار)	استهلاک سالانه برای سرمایه-گذاری سال دوم (دلار)	استهلاک سالانه برای سرمایه-گذاری سال سوم (دلار)	استهلاک سالانه کل (دلار)
1	3,333,333	0	0	3,333,333
2	3,333,333	3,703,704	0	7,037,037
3	3,333,333	3,703,704	4,166,667	11,203,704
4	3,333,333	3,703,704	4,166,667	11,203,704
5	3,333,333	3,703,704	4,166,667	11,203,704
6	3,333,333	3,703,704	4,166,667	11,203,704
7	3,333,333	3,703,704	4,166,667	11,203,704
8	3,333,333	3,703,704	4,166,667	11,203,704
9	3,333,333	3,703,704	4,166,667	11,203,704
10	3,333,333	3,703,704	4,166,667	11,203,704
				=100,000,000

$$N_{pj} = (S_j - C_{oj} - d_j) \times (1 - \emptyset)$$

سال	$Sj\ (\$/yr)$	$C_{oj}(\$/yr)$	$d_j(\$/yr)$	$N_{pj}(\$/yr)$
1	75×10^6	100×10^6	3,333,333	-18,416,666
2	112.5×10^6	100×10^6	7,037,037	3,550,926
3	150×10^6	100×10^6	11,203,704	25,217,592
4	150×10^6	100×10^6	11,203,704	25,217,592
5	150×10^6	100×10^6	11,203,704	25,217,592
6	150×10^6	100×10^6	11,203,704	25,217,592
7	150×10^6	100×10^6	11,203,704	25,217,592
8	150×10^6	100×10^6	11,203,704	25,217,592
9	150×10^6	100×10^6	11,203,704	25,217,592
10	150×10^6	100×10^6	11,203,704	25,217,592
				186,874,996 $

$$\text{TCI} = \text{FCI} + \text{WC} = 100 + 20 = 120 \text{ million } \$$$

$$\bar{N}_{pj} = \frac{\sum_{j=1}^{10} N_{pj}}{10} = 18{,}687{,}500\ \$$$

$$\text{ROI} = \frac{\bar{N}_{pj}}{TCI} = \frac{18{,}687{,}500}{120 \times 10^6} \times 100 = \mathbf{15.57}\ \%$$

ب)

$$\text{PBP} = \frac{FCI}{\bar{A}_j} = \frac{100 \times 10^6}{28{,}687{,}500} = 3.49\ yr$$

$$\bar{A}_j = \frac{\sum_{j=1}^{10} A_j}{10} = \frac{\sum_{j=1}^{10}(N_{pj} + d_j)}{10} = \frac{186{,}874{,}996 + 100{,}000{,}000}{10} = \mathbf{28{,}687{,}500}\ \$/\text{yr}$$

۸–۱۹) فرض کنید ساخت کارخانه مسئله ۸–۱۸ در سال اول به ۲۰ میلیون دلار، در سال دوم به ۳۰ میلیون دلار و در سال سوم به ۵۰ میلیون دلار سرمایه نیاز دارد. ارزش خالص فعلی سالانه و کل ارزش خالص فعلی پروژه را به دست آورید. فرض کنید هزینه‌های ساخت در طول ۳ سال ساخت پیوسته باشد. از گردش وجه نقد ثابت و پیوسته و کاهش نزولی استفاده کنید.

حل:

$\text{Total FCI} = 100\ \text{million}\ \$$

سال اول : $\text{FCI} = 20\ \text{million}\ \$ \quad \text{dj} = \frac{20}{10} = 2\ \text{million}\ \$$

سال دوم : $FCI = 30\ \text{million}\$ \quad dj = \frac{30}{9} = 3.\overline{33}\ \text{million}\ \$$

سال سوم : $FCI = 50\ \text{million}\ \$ \quad d_j = \frac{50}{8} = 6.25\ \text{million}\ \$$

سال	استهلاک سالانه برای سرمایه‌گذاری سال اول (دلار)	استهلاک سالانه برای سرمایه‌گذاری سال دوم (دلار)	استهلاک سالانه برای سرمایه‌گذاری سال سوم (دلار)	استهلاک سالانه کل (دلار)
1	2×10^6	0	0	2×10^6
2	2×10^6	3.33×10^6	0	5.33×10^6
3	2×10^6	3.33×10^6	6.25×10^6	11.58×10^6
4	2×10^6	3.33×10^6	6.25×10^6	11.58×10^6
5	2×10^6	3.33×10^6	6.25×10^6	11.58×10^6
6	2×10^6	3.33×10^6	6.25×10^6	11.58×10^6
7	2×10^6	3.33×10^6	6.25×10^6	11.58×10^6
8	2×10^6	3.33×10^6	6.25×10^6	11.58×10^6
9	2×10^6	3.33×10^6	6.25×10^6	11.58×10^6
10	2×10^6	3.33×10^6	6.25×10^6	11.58×10^6
				$=100\times10^6$

$$\text{NPW} = \sum_{j=1}^{N} \text{PWF}_{\text{cf,j}}\left[(s_j - c_{oj} - d_j)(1-\emptyset) + d_j\right] - \sum_{j=-b}^{N} \text{PWF}_{\upsilon,j}\, T_j = \sum_{j=1}^{N} \text{PWF}_{\text{cf,j}} \times A_j - \sum_{j=-b}^{N} \text{PWF}_{\upsilon,j}\, T_j$$

چون گردش وجوه نقد و نیز سرمایه‌گذاری اولیه به صورت پیوسته است، از جدول ۷–۵ داریم:

$$\text{PWF}_{\text{cf,j}} = \text{PWF}_{\upsilon,j} = \left(\frac{e^r - 1}{r}\right) \times e^{-rj} \qquad r = 0.1$$

سال	$Sj\ (\$/yr)$	$C_{oj}(\$/yr)$	$d_j(\$/yr)$	$A_j(\$/yr)$	$\text{PWF}_{\text{cf,j}}$	$A_j \times \text{PWF}_{\text{cf,j}}$
1	75×10^6	100×10^6	2×10^6	-15.55×10^6	0.951626	-14.7978
2	112.5×10^6	100×10^6	5.33×10^6	9.9905×10^6	0.861067	8.602486

3	150×10^6	100×10^6	11.58×10^6	36.553×10^6	0.779125	28.47937
4	150×10^6	100×10^6	11.58×10^6	36.553×10^6	0.704982	25.7692
5	150×10^6	100×10^6	11.58×10^6	36.553×10^6	0.637894	23.31693
6	150×10^6	100×10^6	11.58×10^6	36.553×10^6	0.57719	21.09803
7	150×10^6	100×10^6	11.58×10^6	36.553×10^6	0.522263	19.09029
8	150×10^6	100×10^6	11.58×10^6	36.553×10^6	0.472563	17.27361
9	150×10^6	100×10^6	11.58×10^6	36.553×10^6	0.427593	15.62981
10	150×10^6	100×10^6	11.58×10^6	36.553×10^6	0.386902	14.14244
						158.6044

سال	$FCI\ (million\ \$)$	$\mathrm{PWF}_{\upsilon,j}$	$FCI \times \mathrm{PWF}_{\upsilon,j}$
1	20	0.951626	19.03252
2	30	0.861067	25.832
3	50	0.779125	38.95627
			83.82078

$\mathrm{NPW} = 158.6044 - 83.82078 = \mathbf{74.78362}$ million \$

اصغری - شهروزی