

Denne rapport  
tilhører

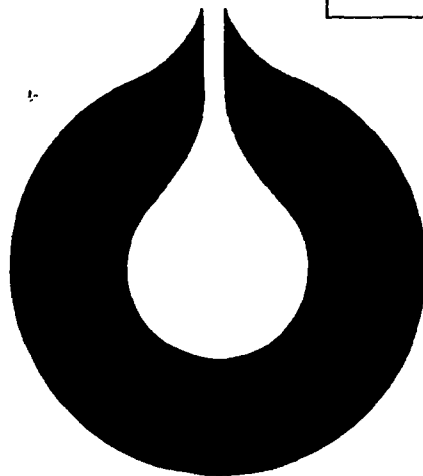


**L&U DOK. SENTER**

L. NR. 30284170019

KODE Well 31/2-6 nr.30

Returneres etter bruk



**statoil**

OVERLAGRINGSTRYKK  
FOR BRØNN 31/2-6.

**Den norske stats oljeselskap a.s**



Gradering

Oppdragsgiver

31/2 TROLL LISENS

Undertittel

OVERLAGRINGSTRYKK

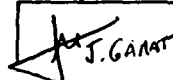
Tittel

OVERLAGRINGSTRYKK  
FOR BRØNN 31/2-6.

Utarbeidet

mars '84 Rune Nicolaysen

Godkjent

 J. GAARD

vanlig bare å la noen få plugger bli knust for å måle korntetthets-porøsitet.

Den neste korreksjon innbefatter korrigering av total porøsitet til effektiv porøsitet. Ved rensing og tørking av kjernepluggene blir leirbundet vann fjernet på grunn av fordamping og oppløsningsevnen. Det er generelt forstått at ett eller to molekyllag av absorbert vann skal medregnes som del av bergvolumet for å beskrive reservoar porøsiteten. Disse ett til to lag kan beholdes ved at kjernepluggene blir tørket i et varmeskap ved 60°C med over 40% humiditet. Man måler igjen den effektive porøsitet for noen plugger og korrelerer resultatene til den totale porøsitet for så å bestemme en korreksjonsfaktor. Denne effekt er størst for kjerner som har høyt skiferinnhold, og derfor bør prøvene velges med et stort porøsitetsspekter.

Til slutt skal porøsiteten bli korrigert for reservoar-betingelser på grunnlag av netto overlagingstrykk og temperatur. Nede i reservoaret er kjerneprøven utsatt for overlagingseffekt minus reservoar formasjonsvæske/poretrykk, kalt netto overlagingstrykk. Et slikt forhold kan bli simulert i laboratoriet, og helium porøsitet kan bli målt. I laboratoriet er trykket fordelt i tre dimensjoner, kalt hydraulisk trykk, mens i reservoaret er trykket fordelt mer i en akse fordi pluggen er begrenset i de horisontale retninger, men belastet i den vertikale retning. Det er bevist at en stress-korreksjonsfaktor på

$$\frac{1}{3} \frac{(1 + \nu)}{(1 - \nu)}$$

tar hånd om ovennevnte forhold hvor  $\nu$  er Poissons forholdet opphøyd i annen potens [dvs.  $\nu = (\text{Poisson Ratio})^2$ ].

Ovennevnte teori er ikke akseptert universelt, og noen foretrekker å bruke det reelle reservoar netto trykk fra laboratorie-målinger. Dette fører sjelden til store

porøsitetforandringer siden den største porøsitetforandring skjer under den første perioden av trykkbelastningen.

### 3. Målinger i laboratorium under stress

Normalt måles porøsiteten under stress under isostatisk betingelse (hydrostatisk trykk) dvs. alle trykk er like i de tre forskjellige retningene ( $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ ). Disse betingelser er like det for triaxialt stress, men i den triaxiale målecellen kan de forskjellige trykk forandres slik at  $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$ . Prøvene utsettes for et visst initialt trykk omkring 200 psi for å forhindre endeeffekter.

Porøsiteten målt under isostatisk betingelse gis av ligningen

$$\phi_{iso} = \frac{V_p - \Delta V_{pi}}{V_b - \Delta V_{pi}} \quad (1)$$

der

$\phi_{iso}$  = porøsitet under isostatisk stress

$V_p$  = porevolumet ved atmosfærisk betingelse

$V_b$  = bulkvolumet ved atmosfærisk betingelse

$\Delta V_{pi}$  = forandringen i porevolumet ved trykket  $P_i$ .

En antar at matriks-kompressibiliteten er liten i forhold til porekompressibiliteten, dvs.  $\Delta V_b = \Delta V_p$ :

Ligningen i (1) kan skrives

$$\phi_{iso} = \frac{1 - \Delta V_{pi}/V_p}{V_b/V_p - \Delta V_{pi}/V_p} \quad (2)$$

og der  $V_p/V_b$  er porøsiteten ved atmosfærisk betingelse.

En får så ligningen:

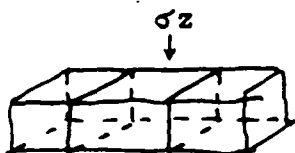
$$\phi_{iso} = \frac{1 - \Delta V_{pi}/V_p}{1/\phi_{atm} - \Delta V_{pi}/V_p} \quad (3)$$

#### 4. Porøsitet ved in-situ betingelser. Uniaxialt stress

Det som er vanskelig ved laboratorie-målinger, er å anbringe et stress som tilsvarer de en har i reservoaret. Teorier er satt opp der en på en toretisk måte under visse betingelser relaterer målinger ved isostatisk trykk (triaxialt) til uniaxialt trykk. Ifølge disse teorier er hovedstressen vertikal og lik stressen grunnet vekten av overlagrede bergartsmasser. Dette overlagringstrykk kan antas å være 1 psi/ft eller kan beregnes ved å integrere FDC loggen. Netto overlagringstrykket får en hvis en reduserer dette trykket med poretrykket i reservoaret fra RFT målinger, eller om en antar 0.5 psi/ft.

Hvis en ser på et enhetskutt i reservoaret, se fig. 1, og antar at den prinsipale stressen er vertikal,  $\sigma_z$ , og at grensene til omremsende naboelement er fikserte, dvs. at bevegelser og forandringer ikke skjer, vil forandringen hos elementet være tilknyttet  $\sigma_z$ . En antar videre at reservoaret er oppbygget av et materiale som er isotropt og elastisk.

Fig. 1



hvilket med god tilnærming vil være tilfelle med en godt sementert sandstein. Hvis en har en ukonsolidert sand, dvs, en dårlig sementert sand, vil denne ikke følge en elastisk deformasjon, men en visko-elastisk, plastisk deformasjon. En leirholdig sand og skifer vil på denne måten bli klassifisert til å følge et plastisk deformasjonsforløp.

Ifølge de antagelser som ble diskutert ovenfor, vil dette bli

$$E_x = E_y = 0$$

dvs. kompaksjon i horisontal retning er null, men  $E_z \neq 0$ . Dersom en videre antar at kompaksjonen kun er avhengig av reduksjonen i porevolumet, dvs, den totale bulk kompresjonen er meget større enn matriks kompresjonen ( $\Delta V_b \gg \Delta V_m$ ). Dette medfører at bulkkompresjonen kan antas å være lik porevolum-reduksjonen, dvs.  $\Delta V_b = \Delta V_p$ , og at in-situ kompaksjonen under uniaxialt trykk  $E_z$  er relatert til den triaxiale volumetriske kompaksjonen,  $e$ , under laboratoriebetingelser ifølge ligningen:

$$E_z = \frac{1}{3} \left( \frac{1 + \nu}{1 - \nu} \right) e \quad (4)$$

ved samme uniaxiale og triaxiale trykk.

$\nu$  er Poissons ratio, og varierer ifølge litteraturen (D. Teeuw, Geertsma) mellom 0.25 - 0.35. Faktoren  $\frac{1}{3} \left( \frac{1 + \nu}{1 - \nu} \right)$  kan med de antagelser som er diskutert, brukes til å korrigere reduksjonen i porevolumet fra triaxialt (isostatisk) til uniaxialt (in-situ) betingelser for like trykk.

Dette innebærer da at hvis en har en forandring i porevolumet  $\Delta V_{pi}$  ved et triaxialt trykk,  $p_i$ , vil dette resultere i en in-situ reduksjon av porevolumet som er gitt ved ligningen:

$$\frac{1}{3} \left( \frac{1 + \nu}{1 - \nu} \right) \Delta V_{pi}$$

Poissons ratio,  $\nu$ , er ikke kjent, og måles normalt ikke. En kan anta at  $\nu$  vil variere mellom 0.25 - 0.35 og vanligvis brukes en verdi på  $\nu = 0.3$ . Hvis dette er riktig, vil en få en korreksjonsfaktor som er  $0.62 \Delta V_{pi}$ .

In-situ porøsiteten vil derfor kunne beregnes fra laboratoriemålingene under triaxialt trykk (isostatisk) ifølge ligningen

$$\phi_{in-situ} = \frac{V_p - 0.62 \Delta V_{pi}}{V_b - 0.62 \Delta V_{pi}} \quad (5)$$

eller

$$\phi_{\text{in-situ}} = \frac{1 - 0.62 \Delta V_{pi}/V_p}{1/\phi_{\text{atm}} - 0.62 \Delta V_{pi}/V_p} \quad (6)$$

#### 5. Applikasjon for 31/2-6

Total overburden	5100 psi
<u>Fluid pressure</u>	<u>2800 psi</u>
Netto overlagingstrykk	2300 psi (158 bar) ved dybde 1550 m

På brønn 31/2-6 er det blitt utført 11 målinger av porøsitetsreduksjon innen intervallet 1506 m til 1598 m (kjernedybde angitt). Disse målingene er blitt utført hos GECO, Norge A/S. Målingene er tatt ved følgende trykk: 50, 100, 150 og 200 bar.

De verdier som er brukt, er  $\Delta V_p/V_p$  ved de forskjellige hydrostatiske trykk, og disse er deretter brukt til å kalkulere  $\phi_{\text{HYD}}/\phi_{\text{ATM}}$ . Det er antatt at teoriene for elastisk, isotropt og  $\Delta V_b = \Delta V_p$  er oppfylt. Det er også antatt at Poissons tall  $\nu = 0.3$ , hvilket gir en faktor 0.62. På denne måten er  $\phi_{\text{in-situ}}/\phi_{\text{ATM}}$  kalkulert. En kan skjematisk vise i figur 2 hvordan dette blir hvis en plotter  $\phi_{\text{in-situ}}/\phi_{\text{ATM}}$  mot hydrostatisk trykk. (Se også fig. 3.1 til 3.11).

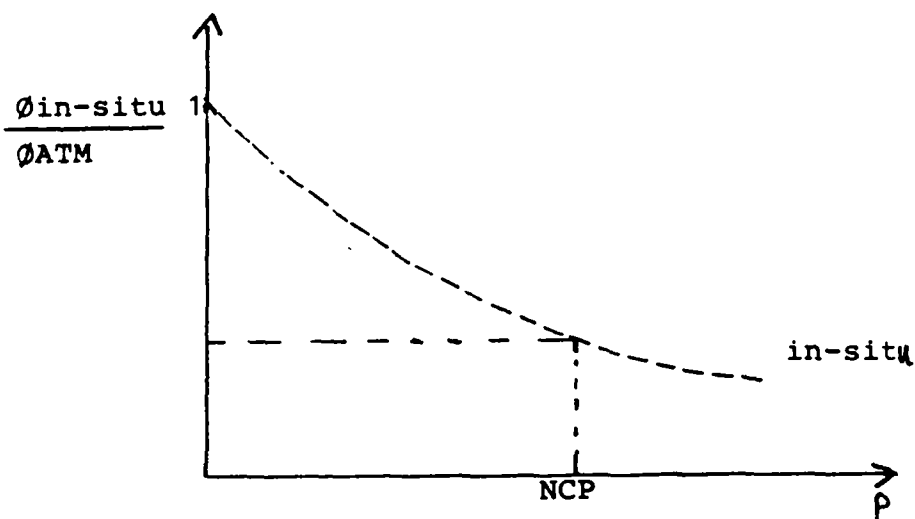


Fig. 2

Hvis en bruker  $P_{eff} = P_{NCP}$  (netto overlagringstrykk), vil dette gi en korreksjonsfaktor under reservoarbetingelser basert fra teoretisk synsvinkel.

I tabell 1 er  $\Delta P_Y / \Delta P_V$  orig. og  $\emptyset$  in-situ/ $\emptyset_{ATM}$  kalkulert for de forskjellige prøvedybde. Porøsitetene er beregnet fra ligningene (3) og (6). Korreksjonsfaktoren for porøsiteten er kalkulert basert på diskusjonen i fig. 3.

## 6. Sammenfatning

Overlagringstrykket for brønn 31/2-6 er blitt studert, og en beregning basert på porøsitetmålinger under varierende stress er utført. Faktoren på overlageringstrykket for porøsiteten er funnet til 0.9771. Beregningene er basert på en teori der en antar

1. elastisk deformasjon
2. isotropt materiale
3. Poissons ration = 0.3
4.  $\Delta V_{bulk} \gg \Delta V_{ma}$  dvs.  $\Delta V_{bulk} = \Delta V_{por}$ .

Ovennevnte antagelser er ikke helt gyldige for blokk 31/2. En har en ukonsolidert sand med varierende mengde av glimmer-innhold. En vil sannsynligvis ikke oppfylle antagelsene om elastisk deformasjon og isotropt materiale.

På basis av den teori som er brukt, vil faktoren på 0.9771 være en indikasjon på størrelsen. Den vil foreløpig bli brukt i evalueringen av brønnen 31/2-6.



7. Referanser

- Teeuw, D. 1971 Predictions of Formation Compaction from Laboratory Compressibility Data SPEJ Sept. 1971 (p. 263-271).
- Teeuw, D. 1973 Laboratory Measurement of Compaction Properties of Groningen Reservoir Rock Verhandlingen Kon. Ned. Geol. Mijnbouw, Gen. Vol. 28 (p. 19-32).
- van der Knaap, W. Nonlinear Behaviour of Elastic Poroos Media Petr. Transaction Vol. 216 (p. 179-186).
- Geertsma, J. 1957 The effect of fluid pressure decline on volumetric Changes of Porous Rocks. Petr. Transactions Vol. 210 (p. 331-339).

31/2-6

Dybde	ΔPV/ PV orig.				φ IN-SITU/φ ATM				200 Faktor OB v/158 bar		a	b
	50	100	150	200	50	100	150	200	a	b		
1506.46	0.022	0.039	0.053	0.061	0.9908	0.9837	0.9777	0.9743	0.9773	R2=0.9934	a = 1.0397	b = -0.0122
1538.12	0.029	0.048	0.062	0.069	0.9873	0.9789	0.9726	0.9695	0.9724	R2=0.9969	a = 1.0404	b = -0.0133
1580.10	0.017	0.034	0.045	0.054	0.9931	0.9862	0.9817	0.9779	0.9809	R2=0.9963	a = 1.0371	b = -0.0110
1516.05	0.028	0.044	0.053	0.061	0.9877	0.9806	0.9766	0.9731	0.9758	R2=0.9987	a = 1.0297	b = -0.0106
1527.15	0.020	0.036	0.045	0.053	0.9916	0.9849	0.9811	0.9776	0.9803	R2=0.9978	a = 1.0317	b = -0.0101
1530.72	0.026	0.042	0.051	0.059	0.9894	0.9828	0.9791	0.9758	0.9783	R2=0.9985	a = 1.0284	b = -0.0099
1544.30	0.018	0.032	0.041	0.049	0.9925	0.9866	0.9828	0.9794	0.9820	R2=0.9952	a = 1.0301	b = -0.0094
1552.18	0.033	0.053	0.065	0.073	0.9861	0.9776	0.9725	0.9690	0.9719	R2=1.000	a = 1.0361	b = -0.0126
1571.25	0.037	0.059	0.073	0.083	0.9846	0.9754	0.9694	0.9652	0.9687	R2=0.9991	a = 1.0416	b = -0.0143
1585.10	0.020	0.038	0.051	0.066	0.9914	0.9836	0.9780	0.9714	0.9761	R2=0.9750	a = 1.0489	b = -0.0142
1597.05	0.015	0.027	0.036	0.043	0.9938	0.9888	0.9850	0.9821	0.9844	R2=0.9993	a = 1.0277	b = -0.0085

Gj.snitt: 0.9771

Sder: 0.0048

Fig. 3.1

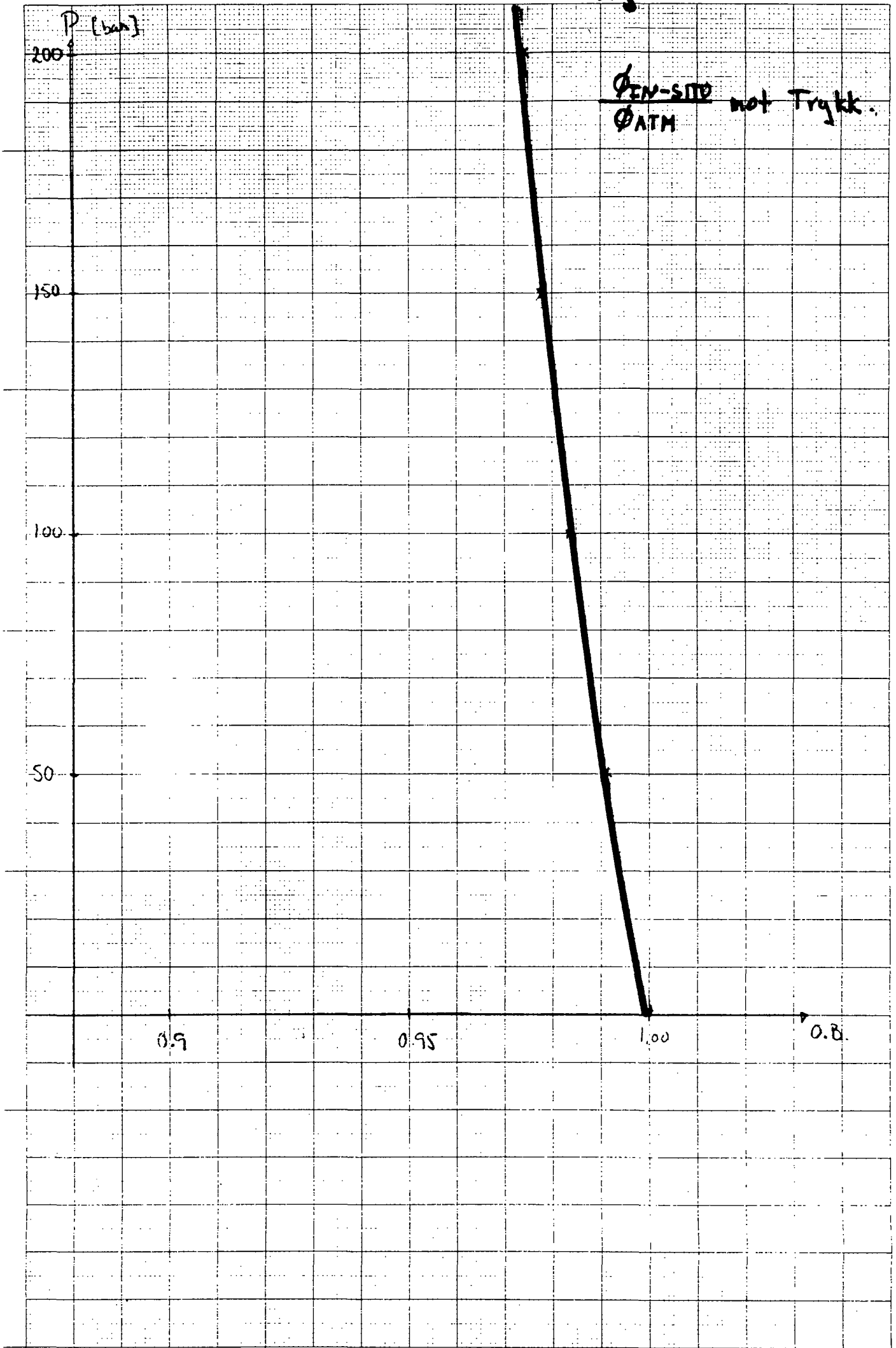


Fig. 3.2

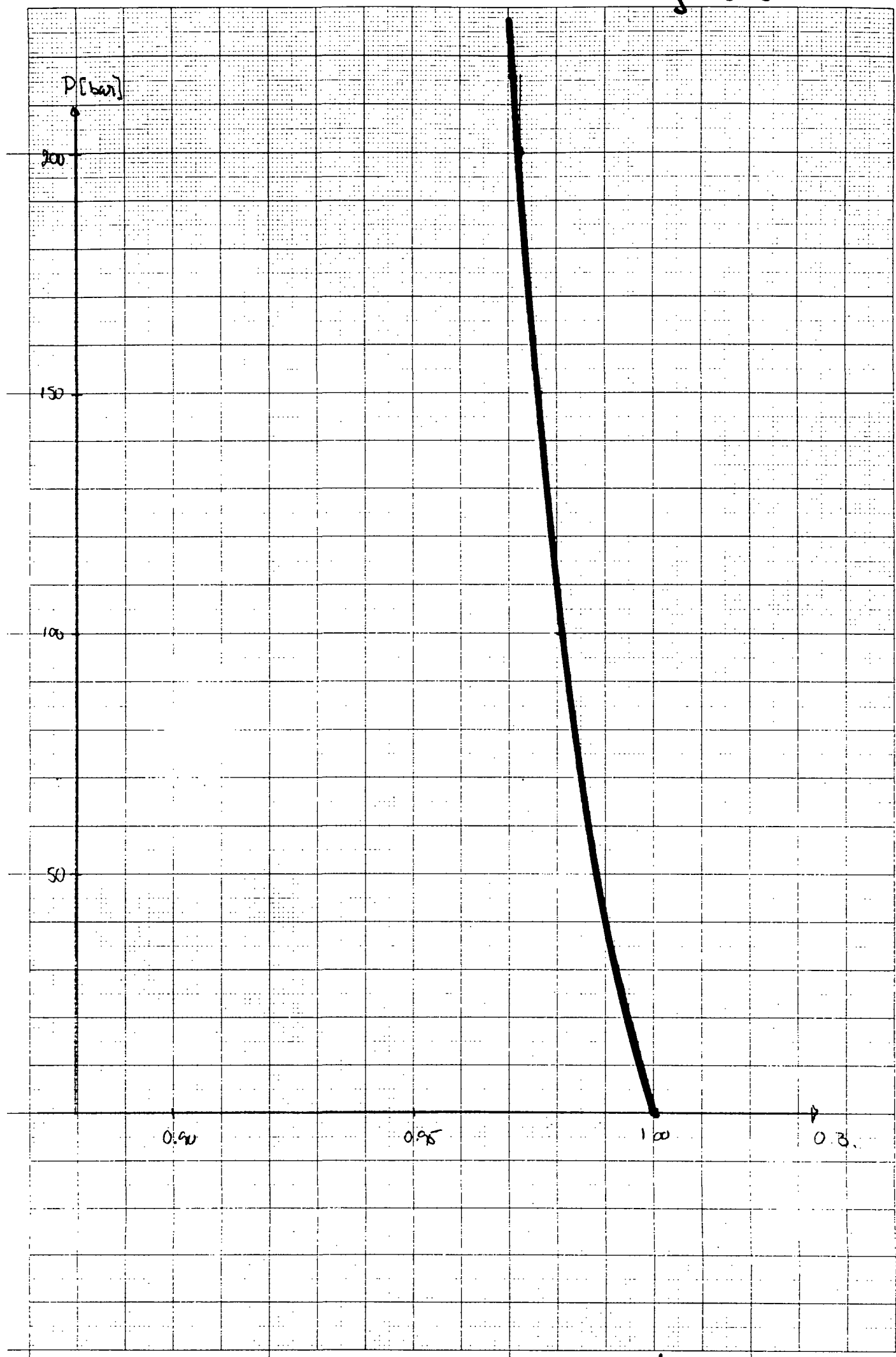


Fig. 3.3

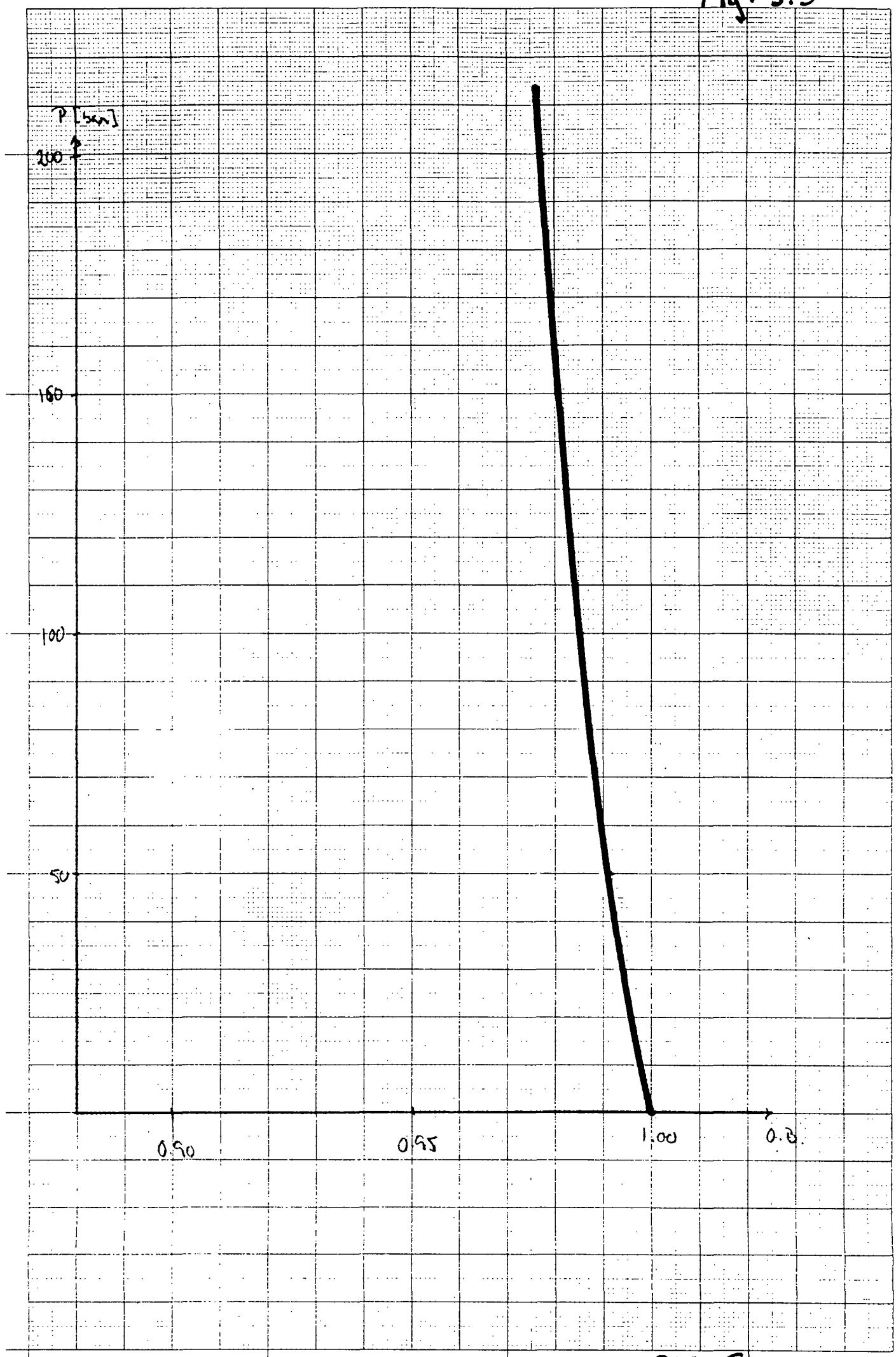


Fig. 3.4

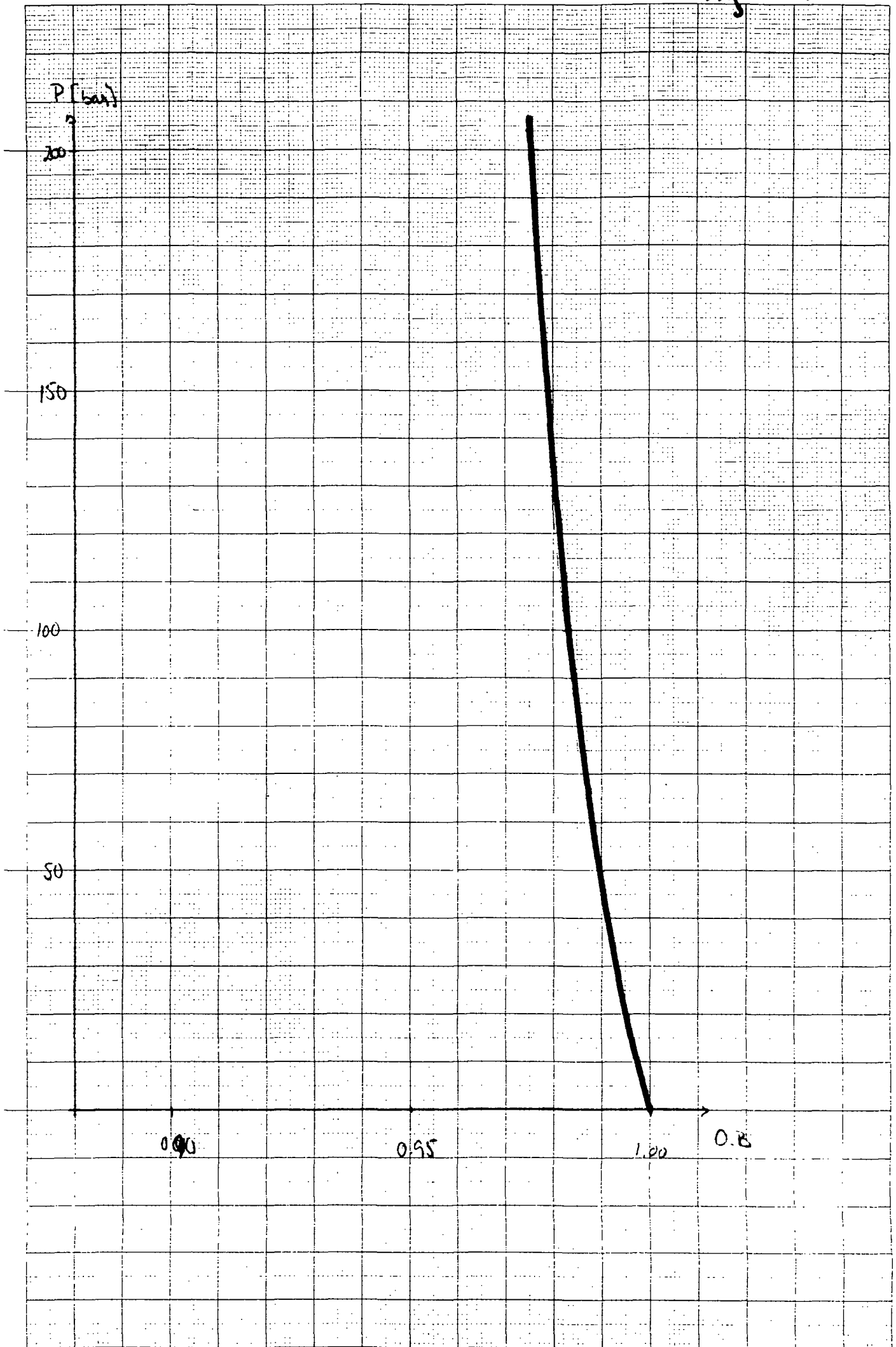


Fig. 3.5

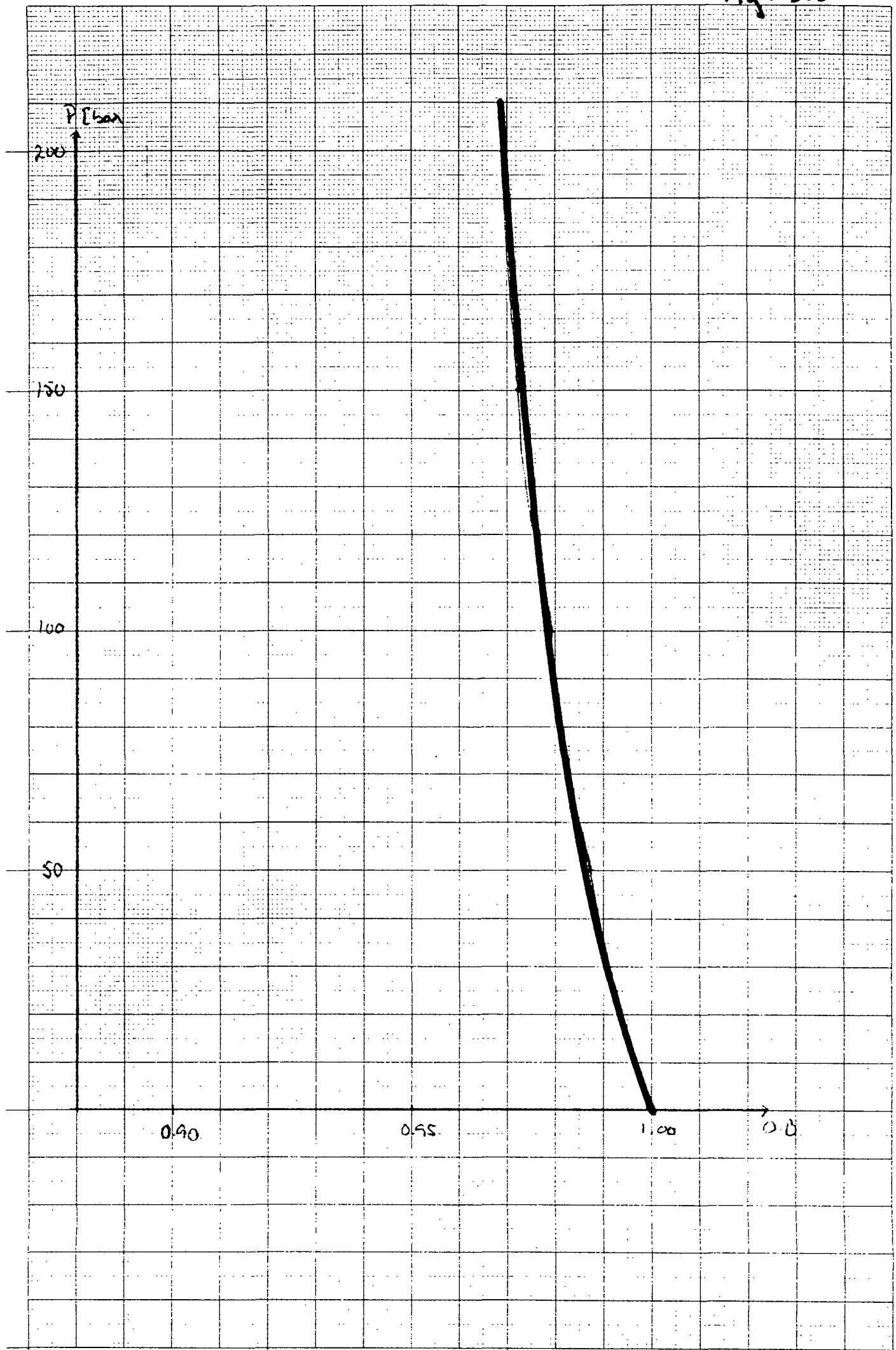


Fig. 3.6

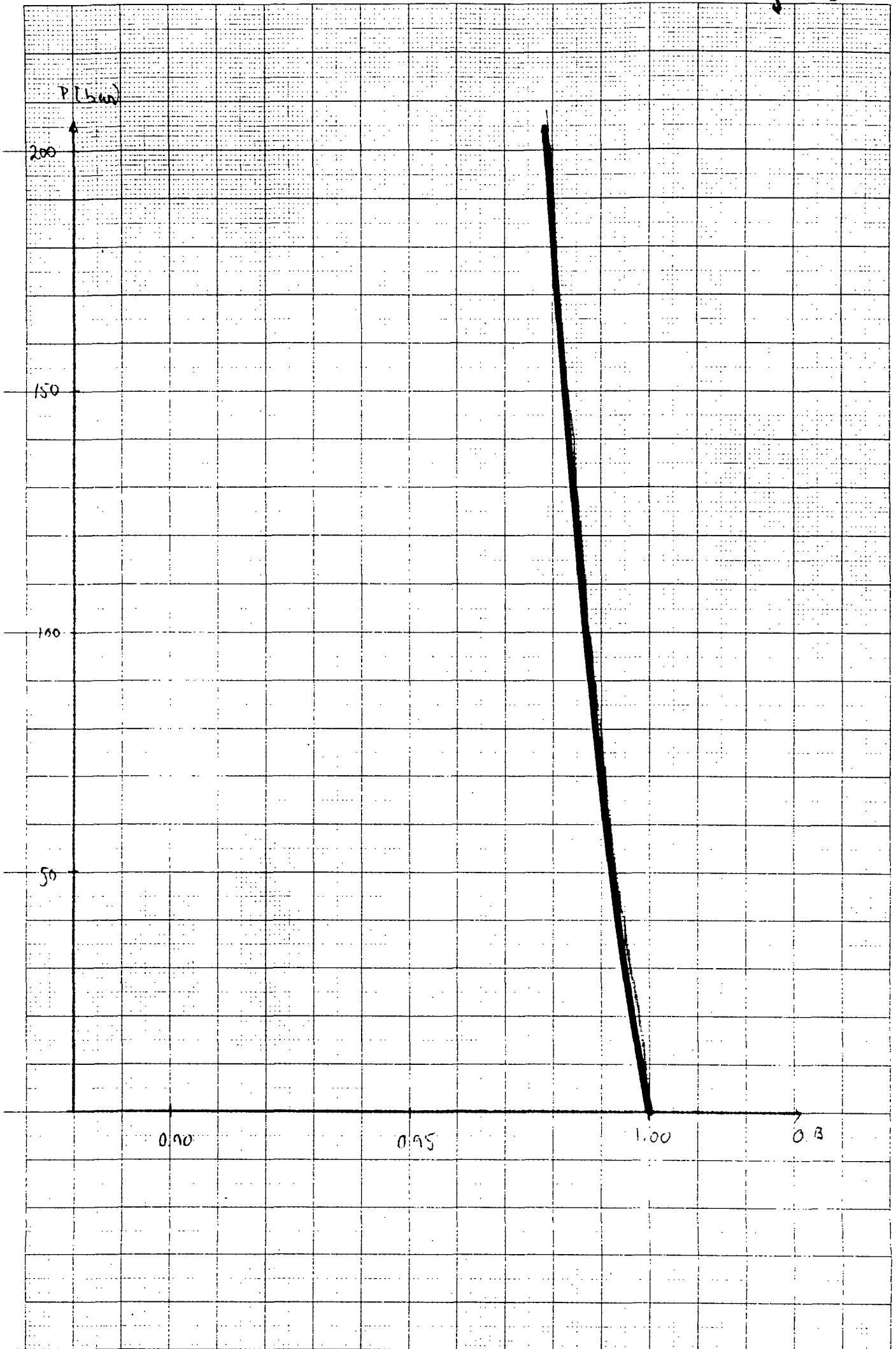




Fig. 3.7

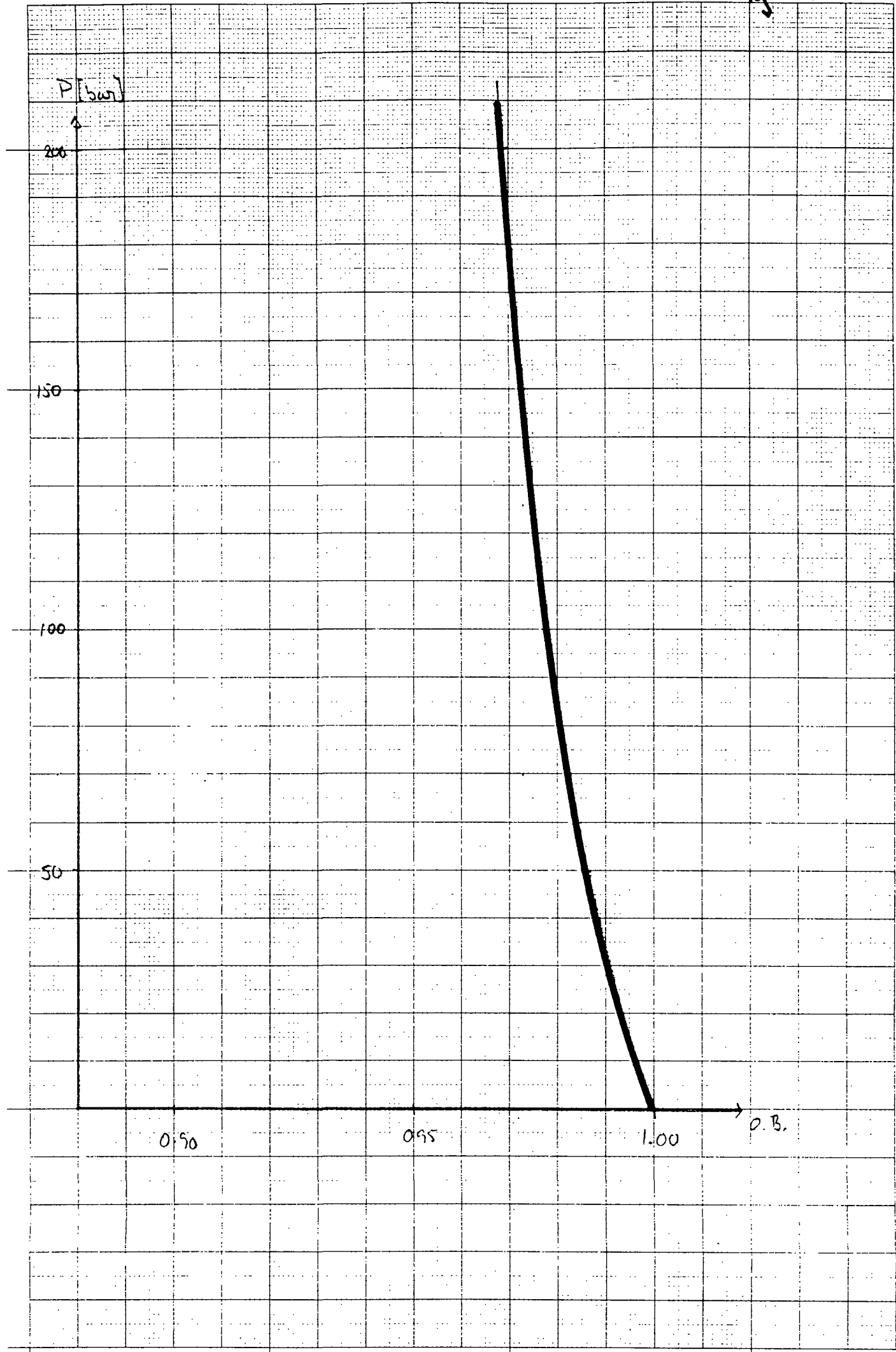


Fig. 3.8

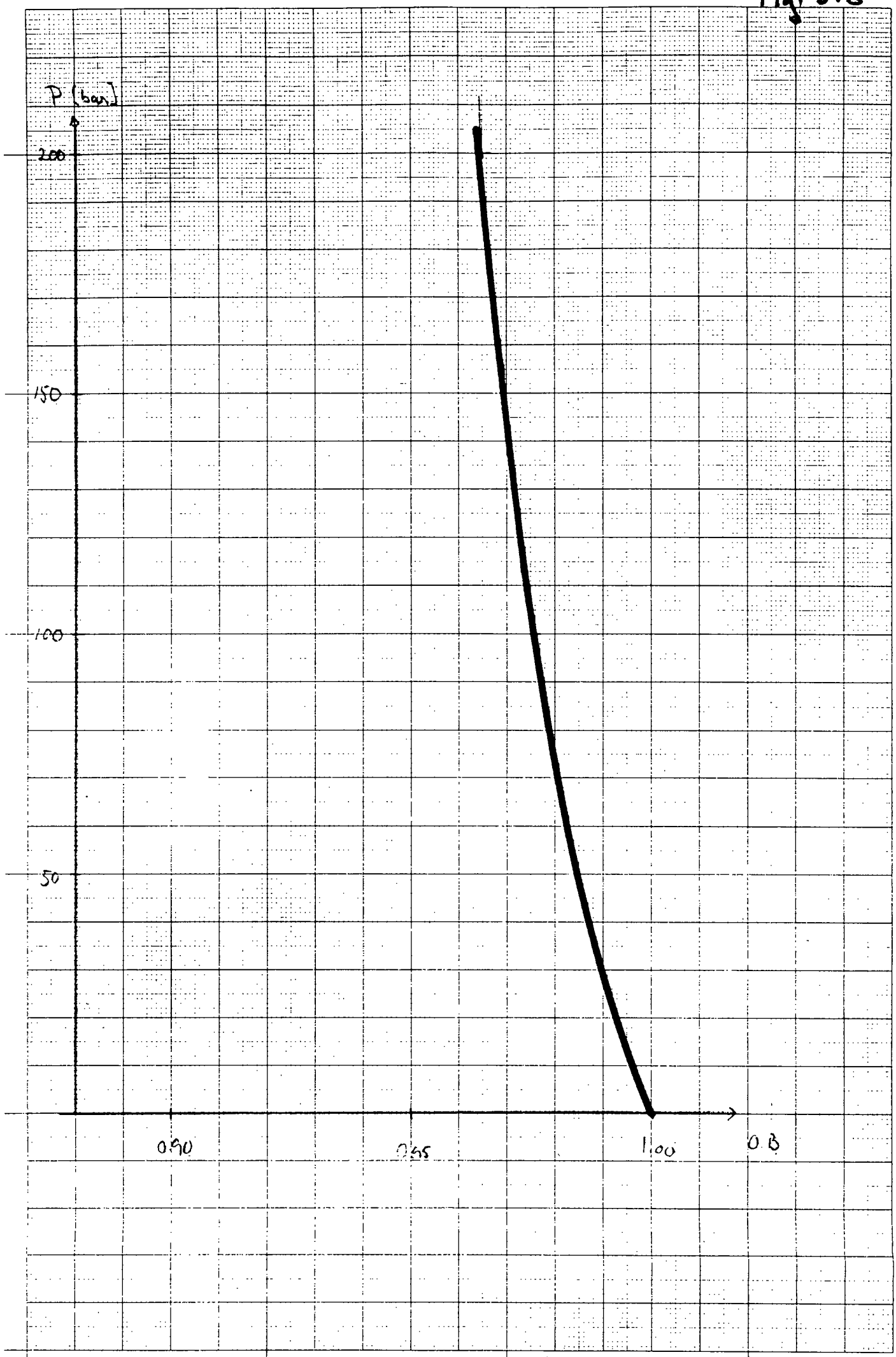


Fig. 3.9

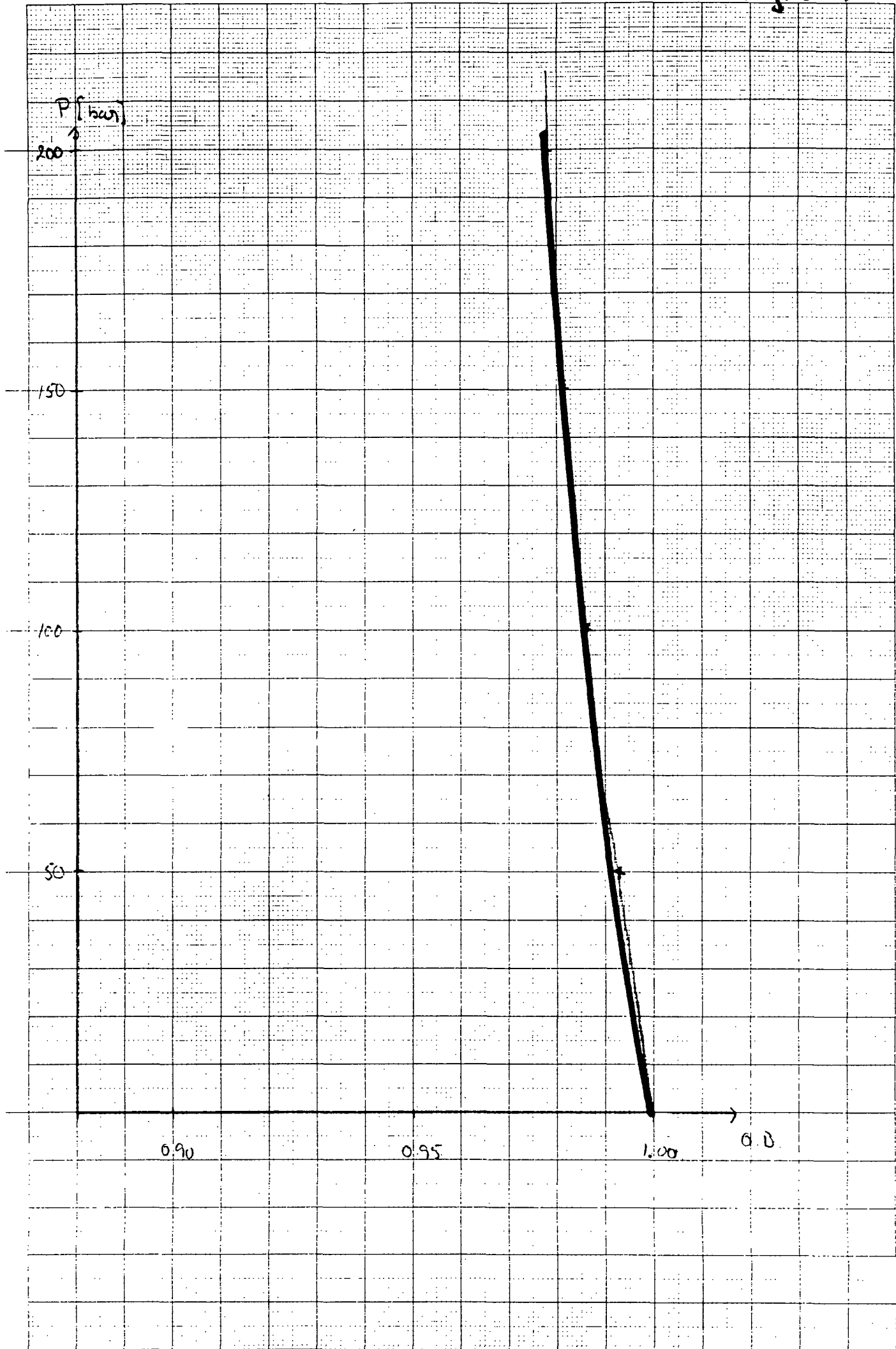


Fig. 3.10

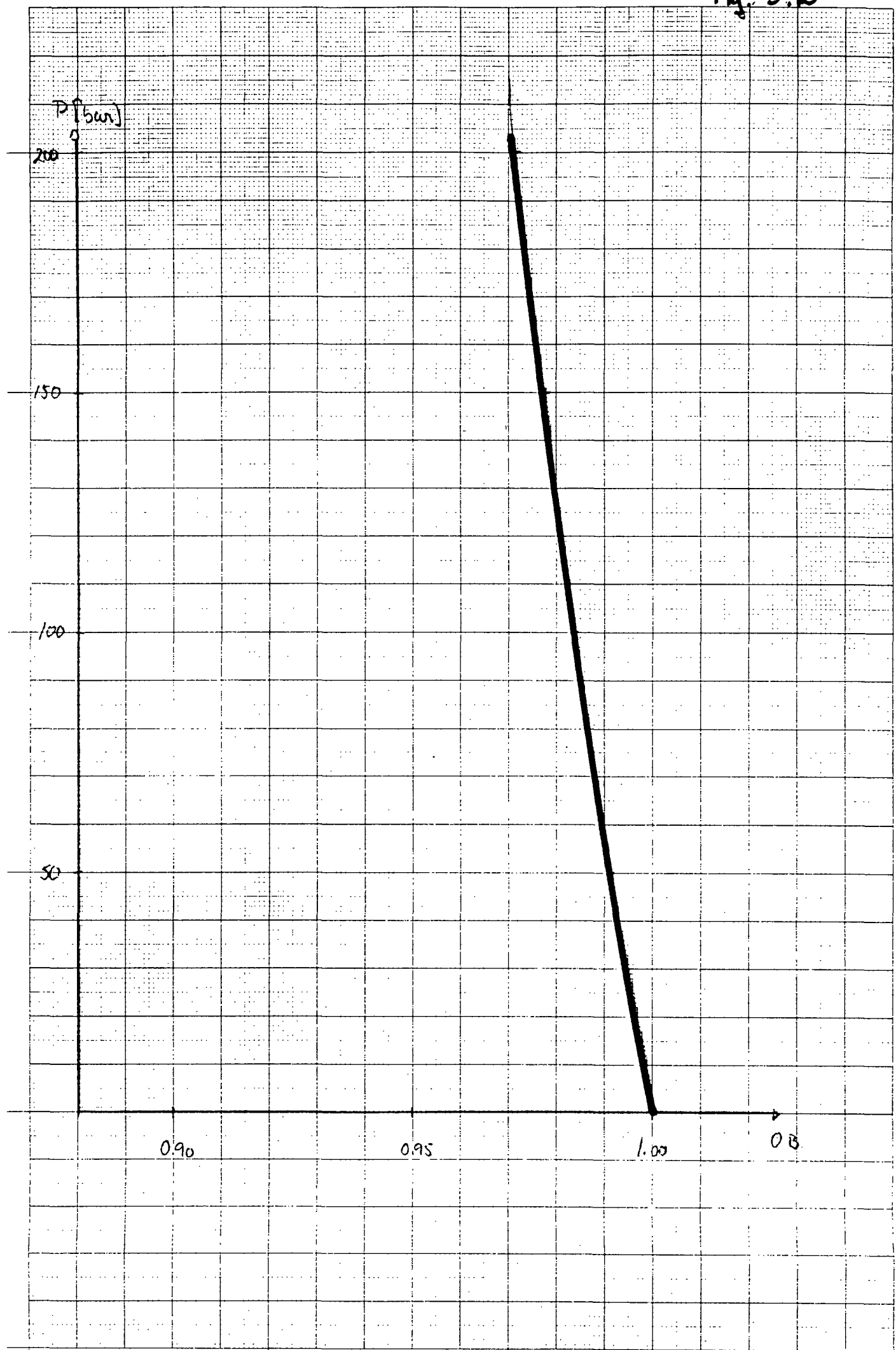


Fig. 3.11

