

STERREWACHT „SONNENBERGH“

UTRECHT

Photometric Atlas of the Solar Spectrum

from λ 3612 to λ 8771

with an appendix from λ 3332 to λ 3637

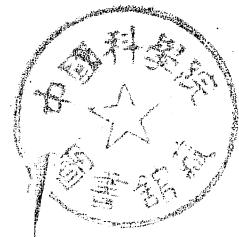
by M. Minnaert, G. F. W. Mulders, J. Houtgast

Fotonetria Atlaso de la Sunospektro

de λ 3612 ĝis λ 8771

kun aldono de λ 3332 ĝis λ 3637

velita de M. Minnaert, G. F. W. Mulders, J. Houtgast



1940 3 14 75

D. SCHNABEL, AMSTERDAM
KAMPERT & HELM, AMSTERDAM

1940

CONTENTS

INTRODUCTION

THE SPECTROGRAMS

- The Spectrograph 5
- Photometric Calibration 5
- Photographic Technique 6
- Rowland Ghosts 6
- The Ultraviolet Spectrograms (λ 3332— λ 3637) 7

THE METHOD OF RECORDING INTENSITIES

- Continuous Spectrum 7
- Zero Line 8
- Cylindrical Lenses 8
- Reference Line 8
- Combination of Exposures 8
- Magnification and Velocity of Recording; Width of the Slits 9
- Scale of Wave Lengths 9
- Process of Printing 9

THE INSTRUMENTAL PROFILE

ACCURACY OF THE RESULTS

INSTRUCTIONS FOR USING THE ATLAS

ACKNOWLEDGEMENTS

REFERENCES

PHOTOMETRIC ATLAS OF THE SOLAR SPECTRUM

- Mt Wilson Plates, 2nd order, λ 3612— λ 6979
- Mt Wilson Plates, 1st order, λ 6924— λ 8771

APPENDIX

- Utrecht Plates, 2nd order, λ 3332— λ 3637

Page

5

ENHAVO

	paĝo
ENKONDUKO	15
LA SPEKTROGRAFAJOJ	15
La spektrografo	15
Fotometria kalibrado	15
Fotografa tekniko	16
Kradofantomoj	16
La spektrografoj de la ultraviolo (λ 3332— λ 3637)	17
LA METODO DE REGISTRADO DE INTENSOJ	17
La kontinua spektro	18
La nulolinio	18
Cilindraj lensoj	18
La linio de referenco	18
Kombinitaj registradoj	18
Pligrandigo kaj rapido de registrado; fendolarĝoj	18
La skalo de ondolongoj	19
La procedo de presado	19
LA PROAPARATA PROFILO	19
PRECIZO DE LA REZULTOJ	20
INSTRUKCIOJ POR LA UZADO DE LA ATLASO	20
DANKESPRIMOJ	21
REFERENCOJ	21
FOTOMETRIA ATLASO DE LA SUNOSPEKTRO	
Plakoj de Mt. Wilson, 2a ordo, λ 3612— λ 6979	
Plakoj de Mt. Wilson, 1a ordo, λ 6924— λ 8771	
ALDONO	
Plakoj de Utrecht, 2a ordo, λ 3332— λ 3637	

A PHOTOMETRIC ATLAS OF THE SOLAR SPECTRUM

INTRODUCTION

Absorption lines in stellar spectra are the main source of knowledge of the conditions in stellar atmospheres. The study of the distribution of light-intensity within the lines, in particular, yields a wealth of astrophysical information — as evidenced by a great number of investigations during the last fifteen years. Methods have been developed for a reliable determination of line profiles, the sources of systematic error have been discussed, and the limits of accuracy of modern observational technique indicated. The time seems opportune for a complete photometry of the line spectrum of a star.

The sun is an obvious first choice for such an investigation because its spectrum can be obtained in great detail much more easily than that of any other star. The present volume records the solar spectrum from λ 3332 to λ 8771 in the form of a photometric Atlas, making the observed intensity profiles of all the Fraunhofer lines in that region directly available to every astrophysicist. Needless to say, this Atlas has a preliminary nature: a survey cannot be performed with the same accuracy as the determination of a single line profile. A discussion of the errors that may be present in the results will be found on page 10.

THE SPECTROGRAMS

The solar spectrum was photographed at the 150-foot tower telescope¹⁾ of the Mount Wilson Observatory, chiefly between September 1936 and April 1937. It was not possible to obtain integrated sunlight because the angular aperture of the spectrograph is smaller than the apparent diameter of the sun. Therefore it was decided to use the light from the center of the solar disk.

The objective lens of the 150-foot tower telescope has a diameter of 30.5 cm and a focal distance of 45.7 m; it forms a solar image about 43 cm in diameter. To avoid the effects of local differences due to granulation, faculae, or small spots, the image was not focused on the slit of the spectrograph but in a plane about 1 m higher. In addition, the solar image was allowed to drift a few millimeters during the exposure.

For the study of atmospheric lines the secant of the mean zenith distance of the sun for every plate between λ 5275 and λ 8771 is given in Table I.

TABLE I. SECANT OF ZENITH DISTANCE OF THE SUN FOR THE SPECTROGRAMS BETWEEN λ 5275 AND λ 8771

Plate Number and Exposure	Secant of Zenith Distance	Plate Number and Exposure	Secant of Zenith Distance	Plate Number and Exposure	Secant of Zenith Distance
31 a	1.44	39 c	1.99	93 b	4.92
32 a	1.44	40 c	2.05	94 a	4.06
" b	1.42	41 a	1.44	" b	4.56
35 c	1.27	42 a	1.44	95 a	1.67
36 a	1.54	52 b	1.28	" b	1.64
37 a	1.54	55 a	1.46	96 a	1.67
38 c	1.99	" b	1.50	98 b	2.48

Plate Number and Exposure	Secant of Zenith Distance	Plate Number and Exposure	Secant of Zenith Distance	Plate Number and Exposure	Secant of Zenith Distance
99 b	2.48	131 c	1.64	165 c	2.22
100 b	3.62	132 a	1.74	166 a	1.78
101 c	1.55	135 a	1.59	" c	2.02
102 c	1.55	" b	1.60	167 c	2.02
103 a	1.53	136 a	1.59	231 b	1.37
104 a	1.53	147 b	1.74	232 b	1.20
106 a	2.56	" c	1.76	240 b	1.99
114 a	1.59	148 a	1.95	241 b	1.99
" b	1.57	" b	2.04	242 a	1.86
117 a	1.92	" c	2.17	243 a	1.86
119 a	2.90	149 a	1.76	247 a	1.22
127 b	1.63	" b	1.73	248 a	1.22
128 b	1.63	" c	1.81	249 a	1.22
" c	1.62	158 b	2.14	250 a	1.26
129 a	1.94	159 b	2.14	251 a	1.26
130 b	2.03	164 a	1.86	252 a	1.26
131 a	1.74	165 a	1.86		
" b	1.69	" b	1.89		

The Spectrograph

The spectrograph¹⁾ of the 150-foot tower telescope is of the auto-collimating type with a focal distance of 22.9 m. It is equipped with a Michelson plane grating, No. 66, having about 600 lines to the millimeter and an available ruled surface of 6.7 by 12.5 cm. A field lens, which formed on the grating an image of the objective lens of the telescope, was placed about 80 cm above the slit of the spectrograph.

The spectrum was photographed in the second order from λ 3612 to λ 6979 and in the first order from λ 6924 to λ 8771, the mean dispersion being 3.0 mm/ \AA and 1.5 mm/ \AA , respectively. Some other parts of the spectrum were photographed in the first order for comparison, but have not been enclosed in the Atlas. The width of the slit, chosen according to van Cittert's formula²⁾, was between 0.05 and 0.07 mm for the exposures in the second order and between 0.03 and 0.035 mm for those in the first order, depending on the wave length. The focus was determined with great care, especially in the ultraviolet, where it changes so rapidly with wave length that the plate holder has to be inclined. The exposure times in various regions of the spectrum ranged from 2 to 120 minutes.

Photometric Calibration

Every plate has, in addition to the spectra for the study of line profiles, a set of six standard spectra for photometric calibration (Fig. 1). These were obtained by means of a step weakener. On account of slight astigmatism, unavoidable in a spectrograph of this type, the Fraunhofer lines and the edges of the standard spectra are focused in the same plane only if the step weakener is placed about 25 cm below the slit.

The step weakener, made and calibrated at the Physical Laboratory at Utrecht in 1935, consists of a piece of glass sputtered with platinum to various densities. The six steps, each 3.5 mm wide, transmit fractions of the incident light proportional to about 100, 63, 36, 21, 11, and 7. The exact transmission was determined at different wave lengths by means of a monochromator, a vacuum thermoelement, and a galvanometer connected with a thermorelay. The measurements were made by compensating the thermoelectric current, hence it was not necessary that the amplified galvanometer deflection be proportional to the thermoelectric force. A repetition of the calibration in 1938, after all the exposures had been made, duplicated within the errors of measurement the results found in 1935.

Correct standardization by means of a step weakener requires the slit to transmit light uniformly along its length. This condition is fulfilled if the slit has perfectly straight edges which remain parallel at all widths. One exposure of the central region of the solar image through the step weakener, with the slit at the proper width, will then provide both the solar spectrum and the photometric calibration (Method I). Experiments showed, however, that the slit should be at least half a millimeter wide to insure uniformity of light-intensity across a spectrum 2 cm wide. Hence method I was rejected, and for the standardization a slit width of 0.5 mm was used in combination with a filter to decrease the intensity; separate spectra for the line profiles were photographed on the same plate with narrow slit and various exposure times, which in general differed by a factor less than two from that of the standardization. The spectrum with the most suitable density was chosen for recording *) (Method II; fig. 1).

As compared to Method I, Method II had the advantage that the spectra for line profiles were wholly free from interference fringes; these are difficult to avoid entirely in exposures through the step weakener on account of reflection from the platinized surface. On the other hand Method II had the following disadvantages:

a) The exposure times of the best spectrum and of the standardization were not always equal. A special investigation showed that the effect on the characteristic curve of such differences as occurred in our work was never larger than the uncertainties in the determination of this curve.

b) The effect of light scattered in the spectograph may be slightly larger in Method II than it would have been in Method I. The measurement of line profiles in the standard spectra (Method I) corrects automatically for that part of the scattered light which is uniformly distributed across the exposure. But if the line profiles are measured on separate exposures (Method II), the effect of scattering may not be so well eliminated because the scattered light may have a different intensity on the separate exposures than it has on the standard spectra. Color filters were used to diminish scattering.

The characteristic curve of a plate was obtained by measurements both in the continuous spectrum and within absorption lines. In general these measurements showed a satisfactory agreement in overlapping regions of density, indicating the reliability of the method of standardization. Still the characteristic curves obtained by measurements in the center of the strongest Fraunhofer lines showed a slight systematic difference compared with the curves determined from the continuous spectrum. This may be due to the two causes mentioned above and, perhaps, to slight effects of development. Hence the central intensities found for deep Fraunhofer lines may not be so accurate as the intensities in the wings.

*) When the exposure times were equal, the plate number given to the left of every tracing is followed by the letter b. See also p. 10.

Photographic Technique.

Plates 25 cm long were used, covering about 85 Å in the second order. The following fine-grain emulsions were chosen: Eastman Kodak III C, III F, IV F, 144 S, 144 N, 144 P, and Cramer Contrast. Before use the plates were backed with a mixture of glucose and burnt umber ³⁾. They were not hypersensitized because experience showed that this sometimes results in non-uniformity.

All plates were developed for 5 minutes at 65° F in a metol-hydroquinone-borax developer made according to the following formula: water 1000; metol 2; hydroquinone 5; sodium sulfite (anhydrous) 10; borax 20.

A reliable photometry of the stronger lines requires low contrast. Fine-grain emulsions, however, tend to be contrasty; for this reason it was often necessary to dilute the developer with water in the ratio 1 : 3 or 1 : 4. In spite of this precaution the contrast of the infrared spectrograms is still rather high.

The plates were brushed during development to diminish possible Eberhard effects. They were fixed in a non-acid fixing bath.

Rowland Ghosts.

Much time was spent on the photometry of the Rowland ghosts produced by the grating. With exposure times of several days it was possible to photograph a number of ghosts of the emission lines of a neon discharge tube. The ghosts are so weak that the intensity of the main line had to be reduced to make a comparison possible. For this purpose a special step weakener was employed having steps which transmit only about 3 and 0.3 per cent. The results of the measurements are given in Table II.

TABLE II. RELATIVE INTENSITIES OF THE ROWLAND GHOSTS
OF MICHELSON'S GRATING NO. 66

Number of the Ghost		Ghosts to the Violet			Main Line	Ghosts to the Red		
		3	2	1		1	2	3
Distance from Main Line in Å at λ 6000 *)	1st order	30.00	20.00	10.00	0	10.00	20.00	30.00
	2nd order	15.00	10.00	5.00	0	5.00	10.00	15.00
Relative Intensities	1st order			0.34	100	0.27		
	2nd order	0.17	0.09	1.17	100	1.17	0.12	0.12

In the first order only two ghosts could be photographed, one on either side of the main line. Their combined intensity is 0.61 per cent of that of the main line, whereas in the second order it is 2.34 per cent. These two values are approximately in the ratio 1 : 4, as theory predicts ⁴⁾. As seen from Table II the sum of all the ghosts in the second order is about 3 per cent and, accordingly, a value of 0.75 per cent seems plausible for the first order. These values, determined near λ 5850, have been used for the whole spectral region, although probably the intensity of the ghosts is not entirely independent of wave length.

To make very precise corrections for the effects of ghosts, the intensity of each ghost should be calculated at every point of the profile from the data in Table II. For the great majority of the

*) At other wave lengths these distances change proportionally to λ .

lines, however, a constant value may be used to obtain an approximate correction, which was applied in the following manner⁵: the zero of the intensity scale was not placed at the actual zero recorded by the microphotometer, but at the point where the intensity is 3 per cent (or 0.75 per cent) of that in the continuous spectrum. This was accomplished by using a maximum deflection of 103 mm in recording the second-order Mount Wilson plates, after which the zero line of the intensity scale was printed 3 mm above the recorded zero line. This direct procedure could be applied here only because the ordinate on the tracings is proportional to the intensity of the radiation in the spectrum; ordinary microphotometer tracings cannot be corrected for the effect of ghosts in so simple a way.

The Ultraviolet Spectrograms (λ 3332— λ 3637).

For wave lengths shorter than λ 3600 the solar spectrum could not be photographed through the glass optics of the 150-foot tower telescope at Mount Wilson. Hence it was decided to photograph as much of this region as possible with an improvised arrangement at the Physical Laboratory at Utrecht. The glass objective of the Utrecht solar telescope⁶) was removed. A plane mirror near the lower end of the telescope deflected the light horizontally towards a concave mirror, projecting a solar image on the grating of the improvised spectrograph. A Wood concave grating 13 by 8 cm in size, having 591 lines to the mm and a radius of curvature of 10 m, was used. The spectrum of integrated sunlight was photographed in the second order, where the dispersion is about 1.2 mm/ Å . Because of the astigmatism, inherent to a concave grating used in Rowland mounting, the quartz step weakener used for the standardization had to be placed at a certain distance in front of the slit; this distance varied with wave length.

When the sun was shining on the black curtains before the windows of the room in which the grating was set up, air currents caused bad seeing which impaired the definition of the spectrum. This poor seeing, the long exposure times, and the small number of sunny days forced us to use the very sensitive Ilford Double X-Press plates which, unfortunately, have a coarse grain. Nevertheless, usable spectrograms were obtained thanks to the persistence of Mr. J. H. Bannier who photographed this region.

The total intensity of the ghosts which the concave grating produces in the second order is about 7 per cent of that of the principal line. An approximate correction for this effect has been introduced in the way described in the preceding section. In the ultraviolet the numerous absorption lines reduce the average intensity of the background to perhaps 70 per cent of that of the actual continuous spectrum. For this reason the zero of the intensity scale on the tracings was placed 5 mm (7 per cent of 70 mm) instead of 7 mm above the recorded zero line.

The results are presented in an appendix. They are preliminary, but afford the only photometric data now available for this region of the solar spectrum.

THE METHOD OF RECORDING INTENSITIES

The usual process of transforming microphotometer tracings into intensity curves would have been too laborious, in view of the large region of the spectrum to be covered. Hence an instrument was designed to record intensity curves directly. All the tracings published here were registered by this instrument. Attached to any ordinary microphotometer it can be highly recommended for large-scale photometric work.

Figure 2 shows a diagram of the instrument used in combination with the well-known

Moll microphotometer*). In the microphotometer the lamp throws a narrow beam of light through the plate upon the slit of a thermoelement. The thermoelectric current is now sent to an auxiliary galvanometer, G₁, illuminated by a long luminous slit S. A small lens in front of the galvanometer mirror forms an image of this slit on a diaphragm, D, which, cut out of strong squared paper, has to be made anew for every spectrogram. The light transmitted is collected by a condenser lens, A, on a photocell, C, which is connected with G₂, the regular galvanometer of the microphotometer. Finally the deflection of G₂ is recorded on photographic paper moved by the drum R.

The accuracy of the results depends largely on the correct shape of the diaphragm D. The characteristic curve (intensity plotted against deflection of galvanometer G₁) of the spectrogram to be measured serves as a first approximation; to this a small empirical correction has to be applied, eliminating the combined effects of the imperfections of the apparatus. Before every run, the instrument was adjusted so as to make the deflection of G₂ proportional, within one per cent, to the intensity of the light, received by the photographic plate during exposure. — A more detailed description of the instrument has been published elsewhere⁷.

Continuous Spectrum.

The deflection corresponding to the continuous spectrum was always kept as nearly as possible at a standard value of 100 mm (not including the few millimeters for ghost-correction). On many plates the density of the continuous spectrum gradually changes along the spectrum. This may be due to several causes, for example the variation of the sensitivity of the emulsion with wave length. We compensated for such gradients by moving a wedge synchronously with the plate through the light-beam L₁S by means of a lever. In this way the maximum deflection on the tracing could be kept approximately constant, although a slight curvature of the continuous background may still be present. A list of the regions where the compensating wedge had to be used (Table III) may be helpful in discussing the exact position of the continuous spectrum.

TABLE III. REGIONS RECORDED WITH A COMPENSATING WEDGE

Appendix	2nd order			1st Order
$\lambda\lambda$ 3332—3401	3612—3663	4503—4520	5773—5854	6924—6973
3414—3519	3697—3714	4569—4586	5965—5982	7074—7126
3558—3575	3762—3779	4603—4619	6085—6094	7262—7382
3591—3637	3828—3877	4685—4702	6152—6200	7416—7635
	3892—3909	4767—4776	6216—6233	7669—7870
	4000—4065	4832—4849	6282—6314	7887—7938
	4090—4123	4864—4931	6378—6395	8020—8055
	4156—4205	4952—5243	6539—6555	8071—8405
	4222—4273	5323—5339	6577—6593	8422—8473
	4288—4305	5404—5606	6603—6697	8518—8602
	4370—4387	5654—5683	6712—6831	8620—8654
	4420—4437	5693—5757	6839—6979	8670—8771

*) In this investigation, as in many previous ones, the great reliability and practical design of the Moll microphotometer were confirmed again and again.

Some parts of the spectrum are so crowded with absorption lines that the level of the continuous background is uncertain and can be determined only by a special investigation which we leave to the users of this Atlas. They may be aided by the following list of spectral regions where the solar spectrum is almost entirely free from absorption (Table IV). These regions were found by Arnulf, Chalonge and Déjardin, who compared the intensity in the solar spectrum with that of a black body at 7000° ; they plotted the logarithm of the observed intensity against $1/\lambda$ and discovered that they could draw straight lines through the highest peaks of the resulting curve⁸⁾.

TABLE IV. REGIONS FREE FROM ABSORPTION IN THE REFRACTABLE PART OF THE SOLAR SPECTRUM (AFTER ARNULF, CHALONGE, DÉJARDIN⁸⁾)

Entirely free:	Almost free:
$\lambda\lambda$ 3301	$\lambda\lambda$ 4421
4316,5	4437,5
4365	4477
4413	4504
	$\lambda\lambda$ 3400,5
	4087,5
	4446
	4487

A few spectra, especially in the red and infrared regions, show irregular fluctuations in the density of the continuous background within intervals of a few angstroms. These irregularities, which do not appear on other exposures of the same region, are probably due to local differences in the sensitivity of the emulsion. The remarkably high intensity near λ 4951, however, seems to be a real phenomenon for which at present no explanation can be given.

Zero Line.

The zero line could be recorded on the tracings in two ways:

- a) by placing an opaque screen in front of the diaphragm D;
- b) by placing the image of the luminous slit just outside the diaphragm.

The results obtained by these two methods are not the same because scattered light, falling on the diaphragm, produces in method (a) a small deflection when the opaque screen is removed, although the light-image is still outside the diaphragm. This deflection sets a minimum to the intensity which can be recorded in the spectrum, ruling out method (a) for very deep Fraunhofer lines. Method (b) allows registration of all intensities, but has another disadvantage: if the compensating wedge is used in recording the spectrum, it must be applied in precisely the same way in recording the zero line, which will then no longer be horizontal. As a result the distance between the zero line and the continuous spectrum line changes gradually along the tracing.

For these reasons it was necessary to decide in advance for every plate which method was to be chosen in making the records; the same method was then also used in the empirical determination of the correct shape of the diaphragm and this automatically allowed in the right way for the influence of scattered light. Method (a) was used wherever possible, and method (b) only when necessary because of deep Fraunhofer lines.

To obtain the greatest possible accuracy of intensity measurements in this Atlas, one should use both the recorded zero line and the continuous background at the wave length where

the intensity is to be measured. For most purposes, however, the inclination of the zero line on a given tracing is small enough to be neglected (See also p. 11).

Cylindrical Lenses.

The irregularities caused by the grain of the photographic emulsion were decreased by the use of two cylindrical lenses, one before the first, the other behind the second microscope objective. The first one spreads the light-beam out into an extremely thin line parallel to the Fraunhofer lines, while the other converges the light to a point on the slit in front of the thermoelement. This arrangement integrates the spectrum over a height of about 4 mm, which considerably smoothes the tracings and brings out the faint lines more clearly *). Special tests showed that the resolving power of the microphotometer is not affected. The integration would have been even more complete if the lenses could have been placed in the most favorable position in the light-beam. For practical reasons this was impossible, and, as a result, the middle part of the illuminated portion of the spectrum contributed more than the upper and lower parts.

The cylindrical lenses could not be used in the determination of the characteristic curve because the steps of the step weakener are only 3.5 mm wide. A separate investigation showed that characteristic curves obtained with and without cylindrical lenses agree within the errors of measurement.

Reference Line.

A vertical black line appears on every tracing. It was obtained by recording a large deflection of the galvanometer while the drum with the photographic paper was kept in a fixed position. This reference line, therefore, indicates the direction in which the intensity is to be measured; in the process of reproduction the cuts were placed with the reference line parallel to the ordinate of the réseau on the paper. This affords a check on the accuracy with which the cut was oriented.

On most of the tracings the reference line is interrupted so as not to interfere with the reading of the intensity record. On some tracings there are two reference lines, one at each end, which may not be exactly parallel. This deviation from parallelism is not the same on different tracings, presumably because the photographic paper was not always wound on the drum in exactly the same way.

Combination of Exposures.

The complete profiles of very deep Fraunhofer lines could not be determined from single exposures because the plates are too contrasty to allow measurement of the large intensity ratios involved. In these cases a light and a dense exposure were recorded successively on the same sheet of photographic paper, an opaque screen being placed in front of the paper in such a way that the light exposure gave only the high parts and the dense exposure the low parts of the intensity curve. The agreement can be checked at intermediate values of the intensity, where the two curves overlap (Example: λ 8173— λ 8191).

*) The use of cylindrical lenses affords the only practical method of combining integration across a wide spectrum with concentration of the light upon the small receiver of the thermoelement.

The central intensities of a few of the strongest atmospheric lines were below the limit for satisfactory determination; the estimated intensities are represented on the tracings by a broken line, drawn in by hand (Example: λ 7584— λ 7686).

Some spectral regions near the end of a plate have been recorded partly from one plate and partly from another. This is indicated in the Atlas by giving to the left of the tracing the numbers of both plates and the wave length where the transition occurs (Example: λ 5323— λ 5339).

Magnification and Velocity of Recording; Width of the Slits.

In making the tracings of the second order Mount Wilson plates, distances along the plate were magnified about 7 times; for the Mount Wilson plates in the first order and the Utrecht plates this magnification was 14. The tracings of the Utrecht plates have been slightly enlarged in the final reproduction on account of the smaller original dispersion on these plates, thus the scale of all the tracings is approximately 2 cm/ \AA .

The speed of registration was chosen in such a way that there was no appreciable lag of the recording light-point. The slit widths were adjusted in accordance with the transparency of the dead plate to give the highest possible resolving power. Projected on the photographic plate the slit width ranged from 0.013 to 0.015 \AA in the second order, and from 0.018 to 0.020 \AA in the first order.

Scale of Wave Lengths.

On every tracing marks were made at intervals of 1 \AA to facilitate identification of the absorption lines. This was accomplished by determining to 0.1 mm on each tracing the positions of four suitable Fraunhofer lines. Assuming the dispersion to be constant in the region covered by one tracing (about 18 \AA), the wave-length scale which best satisfied these four points was then calculated by a simplified method of least squares, using the wave lengths in the Revised Rowland Table.

The accuracy of the wave-length marks is about 0.01 \AA . Errors of about 0.05 \AA , however, occur in the following regions: $\lambda\lambda$ 4138—4141, 4603—4615, 4783—4799, 5604—5607, 6728—6736, 7176—7180, 7584—7601 and 7750—7760.

When, upon examination of a tracing, the deflection corresponding to the continuous spectrum was found to differ slightly from the planned standard value, the final reproduction was enlarged or diminished accordingly. The slight change in dispersion thus introduced is no serious drawback, since on the spectrograms the dispersion varies already a little with the wave length.

Process of Printing.

Every page of the Atlas was printed in two steps: first the millimeter réseau in blue, then the tracing itself with reference and zero lines, in black. It was necessary to orient the cut with great accuracy to insure parallelism of the reference line and the vertical lines of the réseau (See p. 8: Reference Line). On the record λ 4701— λ 4718 the profiles of some strong lines have suffered a slight deformation, due to mechanical damaging of the cut.

The reproductions were made on specially manufactured paper that is practically free from distortion by changes in atmospheric conditions. During the whole process of printing the humidity of the air was carefully controlled; for more than a week before printing the paper was stored in air of the same humidity. By these precautions, distortion was avoided during the time between the printing of the réseau and that of the intensity curve; moreover, several advantages for the printing technique were obtained.

THE INSTRUMENTAL PROFILE

The profiles in this Atlas do not represent the actual intensity distribution within the Fraunhofer lines on account of the finite resolving power of spectrograph, photographic plate, and recording apparatus. The necessary corrections can be found by investigating with the same instruments the apparent profile of a closely monochromatic spectral line, or a narrow line whose intrinsic shape is known.

The long focal distance of the 75-foot spectrograph at Mount Wilson made it difficult to obtain spectrograms suitable for determining the instrumental profile. On photographs of the spectra of neon discharge tubes, even exposed from one to five days, the extreme wings of the lines were barely dense enough for measurements. Besides, these lines appeared slightly diffuse, probably as a result of microseisms. The following data refer to the second order of the Mount Wilson spectrograph.

a) The theoretical resolving power was 150,000, the angular aperture of the spectrograph 1/182. At λ 6000, this corresponds to an instrumental profile with a half-width *) of 0.12 mm on the plate, if the slit width is chosen according to van Cittert's formula ²⁾. Obviously this theoretical result is to be considered a lower limit to the actual value.

b) The measured half-width of the Ne emission lines near λ 5850 was 0.20 mm. This is an upper limit to the actual instrumental half-width on account of the intrinsic width of the Ne lines and possible vibrations during the very long exposure time. The wings of the observed line profile, however, will be comparatively free from these effects. The profile of Ne 5852, photographed with the same slit width used for the solar spectrum, could be followed on the plate to a distance of a little over 1 mm from the center of the line, the intensity at this distance being 0.5 per cent of the central value.

c) The measured half-width of a few narrow atmospheric O lines near λ 6300, the narrowest lines shown in this Atlas, is 0.18 mm on the plate. Upon the assumption that the square of the observed width equals the sum of the squares of the intrinsic (Doppler) width, 0.045 mm, and the instrumental width, the instrumental profile would have a half-width of 0.17 mm at λ 6000. — It may be remarked here that the observed profiles of the atmospheric O lines show excellent agreement with those determined by Allen with the same instrument under the same conditions ³⁾.

Data for the first order were obtained:

a) By comparison with the second order. The half-widths of four Fraunhofer lines near λ 6700, photographed in both first and second order, were measured. Assuming again that the square of the measured width equals the sum of the squares of the intrinsic width and the instrumental width, we find for the first order an instrumental half-width of 0.15 mm, if a value of 0.19 mm is accepted for the second order. The instrumental half-width, presumably proportional to the wave length ¹⁰), would be 0.14 mm at λ 6000 (first order).

b) By investigating the O lines near λ 6300, which had also been measured in the second order; in the first order a width of 0.15 mm was found, which after correction for the Doppler width is reduced to 0.14 mm. This entirely agrees with the first determination.

The probable form of the instrumental profile at λ 6000 in the second order of the Mount Wilson 75-foot spectrograph is shown in Figure 3, while numerical data are given in Table V. This profile is identical with the measured profile of a Ne emission line except for the central part,

*) Half-width = total width at intensity 50%.

which, in order to obtain a half-width of 0.18 mm at λ 6000, was made slightly narrower. For the first order we can say only that the half-width is 0.14 mm at λ 6000. Assuming that the instrumental width in angstrom on the plate is proportional to the wave length, we find that the half-widths determined correspond at λ 6000 to 0.061 Å, in the second order, and to 0.10 Å, in the first order; on the tracings they correspond to about 1.2 mm and 2.0 mm. For other wave lengths these widths and the distances given in Table V are to be multiplied by $\frac{\lambda}{6000}$.

TABLE V. THE INSTRUMENTAL PROFILE AT λ 6000 IN THE 2ND ORDER

Distance from Line Center in Å	Intensity		Distance from Line Center in Å	Intensity	
	V	R		V	R
0.00	100	100	2	1.7	2.0
1	91	91	4	1.7	1.6
2	69	69	6	1.5	1.3
4	35	35	8	1.0	1.1
6	17	17	0.30	0.79	1.1
8	8.1	10	2	0.66	1.1
0.10	4.5	7.9	4	0.59	1.0
2	2.8	6.6	6	0.56	0.85
4	2.0	5.4	8	0.60	0.60
6	1.5	4.0	0.40	0.68	0.32
8	1.4	3.0	2	0.64	—
0.20	1.5	2.4	4	0.60	—

The instrumental profile here determined represents the total broadening of an ideal monochromatic line by the combined influence of spectrograph, photographic plate, and recording apparatus.

ACCURACY OF THE RESULTS

Many sources of error have been mentioned in the preceding chapters, but it would be very difficult to discuss all the possible sources of error quantitatively, because the tracings have been obtained by a very complicated series of operations. An extensive investigation will be required to judge the actual accuracy of the final results. A few general remarks follow.

1. It will be necessary to compare a number of profiles from the Atlas with those of the same lines determined independently with high accuracy. We have done this for the Mg line 5184, which had been formerly measured by one of us, and we have found no deviations of more than two per cent¹¹⁾.

2. It is striking that close pairs and blends are not nearly so well resolved on the tracings as one would expect from visual examination of the spectrograms. The explanation probably lies in the tendency of the eye to exaggerate small differences of intensity. No appreciable loss in resolution occurred in making the tracings. This was shown by special tracings made with the following precautions: very narrow slits, extremely low speed, removal of the cylindrical lenses and of the apparatus for rectifying intensities.

3. Considerable discrepancies appear in overlapping portions of two tracings. Atmospheric

lines may of course have different intensities. In comparing solar lines it should be noted whether the tracings were obtained

- a) from the same exposure;
- b) from different exposures on the same plate;
- c) from different plates.

The deviations, generally increasing from (a) to (c), may amount to five per cent or even ten per cent of the intensity in the continuous spectrum. They are caused not only by errors in the photometry, but also by small differences in the definition of the spectra and in the height of the continuous background.

4. Especially enlightening are comparisons between first- and second-order spectrograms, and between Mount Wilson and Utrecht spectrograms. The region λ 6000— λ 6980 was photographed at Mount Wilson in both first and second order, and the smaller resolving power in the first order is clearly shown. Special tracings, recorded at low speed with narrower slits and without cylindrical lenses, left no doubt that the difference is inherent in the spectrograms and not introduced by the recording. In the Atlas only the region λ 6924— λ 6979, which contains but few solar lines, is reproduced in first as well as second order. — A comparison of Mount Wilson and Utrecht spectrograms (λ 3612— λ 3637) shows the much smaller resolution of the latter, although the theoretical resolving powers of the two spectrographs are of the same order. This difference cannot be due to the smaller dispersion alone, but must have been caused largely by the bad seeing in the improvised spectrograph and the coarse grain of the plates, resulting in poor definition of the spectrum (p. 7). — Of course even the high-dispersion Mount Wilson spectrograms have been obtained with a resolving power insufficient to bring out all details in the solar spectrum. On account of instrumental broadening the best spectra available at present furnish no more than a first approximation to the true energy distribution of the weaker lines in the solar spectrum.

INSTRUCTIONS FOR USING THE ATLAS

The tracings are arranged in order of increasing wave length, from λ 3612 to λ 8771. The region λ 3332 to λ 3637, where the resolution is smaller, is given in the form of an appendix. Two tracings, each covering about 18 Å, will be found on every page. The wave-length scale is in the I. A. system; the limits of the spectral region on each page are indicated in the upper left and lower right corners. To the lower left of every tracing are two numbers: the upper one represents the length of 1 Å in mm with an accuracy of 0.1 mm, while the lower one is the number of the plate, a, b, or c indicating which spectrum (in order of increasing density) of that plate was selected¹²⁾). These data make it possible to ascertain to what extent overlapping parts of the tracings are independent of each other and to interpret possible differences.

Defects in the emulsion on the plate have been indicated by a black dot near the registered curve. A dot below the curve indicates a spurious absorption line due to a scratch or bright spot on the photographic plate. When placed above the curve, the dot indicates that a false maximum of intensity was caused by a dark spot or speck of dust on the plate. Only the errors which could be identified on both the spectrogram and the tracing have been marked. Doubtless there

¹¹⁾ When the tracing was obtained from two plates, both plate numbers are given with the wave length where the transition occurs.

are other irregularities in the curve due to the presence on the plate, at the time of recording, of loose specks of dust which later disappeared.

A special feature of this Atlas is that the ordinate of the recorded curve is directly proportional to the intensity of radiation in the solar spectrum; this greatly enhances the convenience of the tracings for practical use. The intensity in the continuous spectrum has been normalized at a constant value. For approximate measurements one may use 20 mm/A for the dispersion and 100 mm for the maximum deflection, measuring ordinates from the zero of the scale. An equivalent width of 1 A then corresponds to 2000 mm². The individual curves show deviations up to ten per cent from these standard values. For more accurate work one should use the dispersion of the tracing under consideration and the actual deflection of the continuous background, starting again from the zero point of the coordinate system. If the greatest accuracy is desired, intensities should be measured from the registered zero line and corrections made for the effects of individual Rowland ghosts.

The plates have been put in a loose leaf binder, instead of being bound. The printing of single leaves gave more accurate results than would have been possible with double-page printing and has the additional advantage of facilitating the use of the planimeter. When, readjusting the plates after use: 1) carefully gather them in the cover; 2) open the binder as far as possible, and 3) replace cover and plates as a whole in the binder and let this close itself. For the overlapping parts, note that the plates 35 and 114 belong to the second order, plate 117 to the first order, and plate numbers above 400 to the Appendix.

In the preparation of this Atlas, the authors have collaborated at many stages, so that the precise share of each of them in the work can hardly be established. Nevertheless it is possible to indicate in broad lines how the task was divided between them.

Gerard F. W. Mulders initiated the investigation, and photographed the solar spectrum at the Mount Wilson Observatory.

J. Houtgast developed the instrument for recording intensities and recorded the Mount Wilson second-order plates.

M. Minnaert supervised the entire undertaking including publication. In addition, he recorded the Mount Wilson first-order plates and the Utrecht plates.

ACKNOWLEDGEMENTS

Several scientific institutions have cooperated in the preparation of this Atlas, which could not have been made with the modest instruments of the Utrecht Observatory. The value of the Atlas depends to a considerable extent upon the excellent quality of the spectrograms obtained at the Mount Wilson Observatory. The splendid instrumental equipment was very generously placed at our disposal through the kindness of the director, Dr. Walter S. Adams, to whom we owe a great debt of gratitude. Special thanks are also due to Dr. Seth B. Nicholson for his valuable assistance.

Further we are greatly indebted to Dr. L. S. Ornstein, director of the Physical Laboratory at Utrecht, for his permission to use the Moll microphotometer of this Institute. On account of the heavy demand on this instrument our work had to be done at night, which so far from being a handicap had many advantages. We thank Dr. J. M. W. Milatz, assistant at the Physical Laboratory, for his help in the manufacture and calibration of the step weakener. The ultraviolet spectrum given in the appendix was photographed by Mr. J. H. Bannier. We are indebted to Mrs. Elizabeth Sternberg—Mulders for her participation in the careful revision of the English text, and to

Mr. W. P. Roelofs for translating it into Esperanto. Miss M. E. van Ravenswaay rendered valuable help in the preparation of the tracings for printing.

Funds were necessary to enable Mr. Mulders to work in Pasadena for a considerable length of time and Mr. Houtgast to develop and operate the instrument for intensity recording. Moreover, the publication of the Atlas required a large sum. The greatest financial contribution was obtained from the **Pieter Langerhuizen Lambertuszon-Fonds** which was granted to us by the **Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem**: it was this which made the plan feasible. It is also a pleasure to thank the following societies and persons for financial support; their confidence has been a great moral encouragement.

Bataafsch Genootschap der proefondervindelike wijsbegeerte, te Rotterdam

Maatschappij Diligentia, 's-Gravenhage

Dr. van Gils-Fonds, Nijmegen

Katholieke Radio-Omroep, Amsterdam

Ir. J. E. F. de Kok, 's-Gravenhage

Prof. Dr. D. J. Korteweg, Amsterdam

Mr. H. A. E. Modderman, Amsterdam

Nederlandsch-Amerikaansche Fundatie

Sterrenkundig Studie-fonds „Kapteyn”, Groningen

Vereeniging „Het Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres”

Vereeniging tot het bevorderen van de beoefening der wetenschap onder de Katholieken in Nederland

Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen

International Astronomical Union

Utrechtsch Universiteitsfonds

Stichting tot Verruiming van Werkgelegenheid voor Academisch Gevormden.

It would hardly be possible to mention all colleagues and friends who have encouraged us with their interest and advice. An exception must be made, however, for our friend, Dr. J. van der Bilt, to whose initiative and enthusiasm we owe the first active support of our project.

REFERENCES

1. George E. Hale and Seth B. Nicholson, "Magnetic Observations of Sunspots 1917—1924", Carnegie Institution of Washington Publication, No. 498, Part I, 9—14, 1938.
2. P. H. van Cittert, Zs. f. Ph., **65**, 547, 1930; **69**, 298, 1931.
3. Frank E. Ross, Ap. J., **74**, 88, 1931.
4. M. Minnaert, Versl. Akad. Amsterdam, **30**, 257, 1922.
5. M. Minnaert, Zs. f. Ph., **45**, 611, 1927.
6. W. H. Julius, B. A. N., **1**, 119, 1922; Hemel en Dampkring, **21**, 57, 1923.
7. M. Minnaert and J. Houtgast, Zs. f. Ap., **15**, 354, 1937.
8. A. Arnulf, D. Chalonge, G. Déjardin, C. R., **210**, 325, 1940.
9. C. W. Allen, Mt. Wilson Contr., No. 566; Ap. J., **85**, 156, 1937.
10. P. ten Bruggencate, J. Houtgast, und H. von Klüber, Pub. Ap. Obs. Potsdam, **29**, Nr. 96, 1939.
11. J. Houtgast, Zs. f. Ap., **16**, 49, 1938.

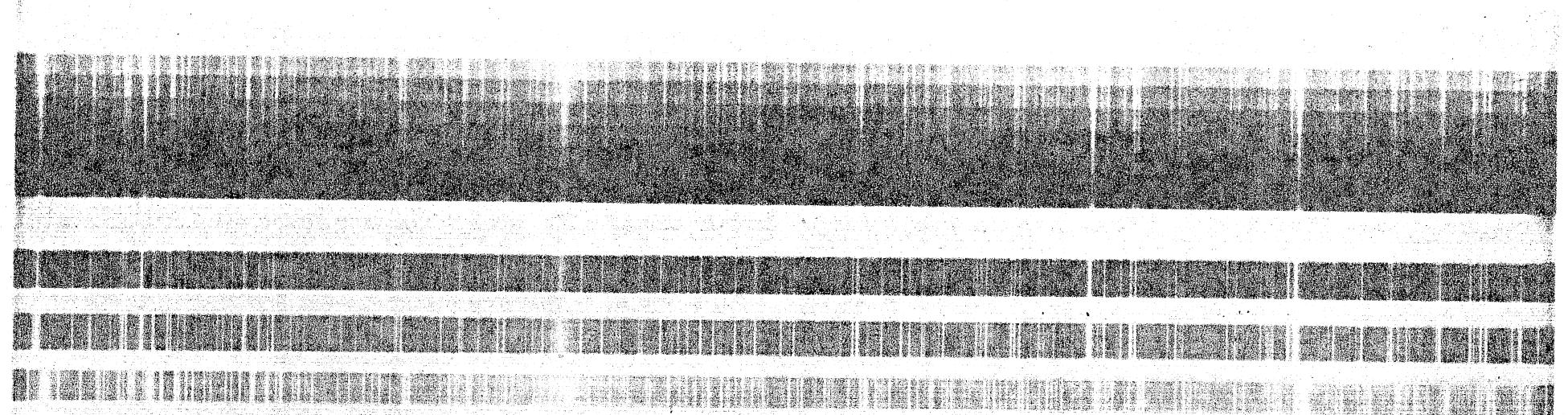


Fig. 1. Specimen of a spectrogram (natural size), as used for the Photometric Atlas (λ 4071— λ 4159).
 Fig. 1. Specimeno (origindimensio) de l' spektrografoj uzitaj por la Fotometria Atlaso (λ 4071— λ 4159).

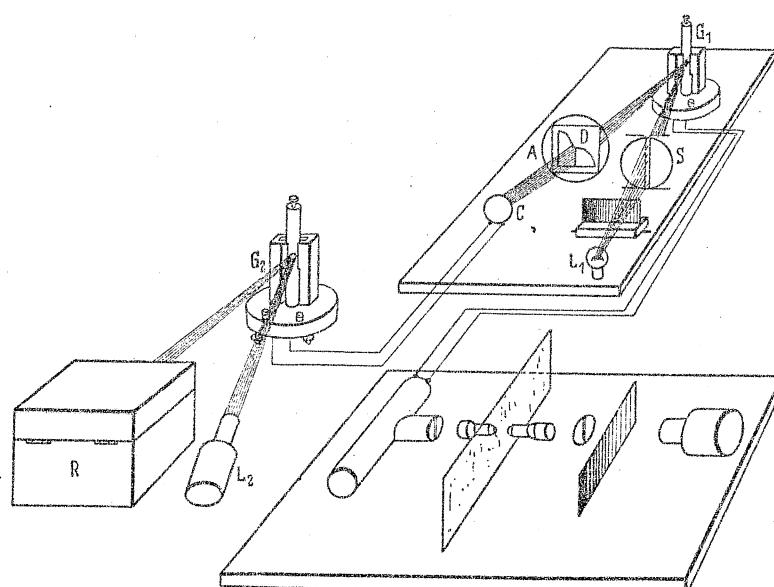


Fig. 2. Schematical drawing (after Zs. f. Ap., 15, 354, 1937) of the apparatus for direct registration of intensities. See page 7.

Fig. 2. Skemo (laŭ Zs. f. Ap., 15, 354, 1937) de l' aparato por rektia registrado de intensoj. Vidu paĝon 16.

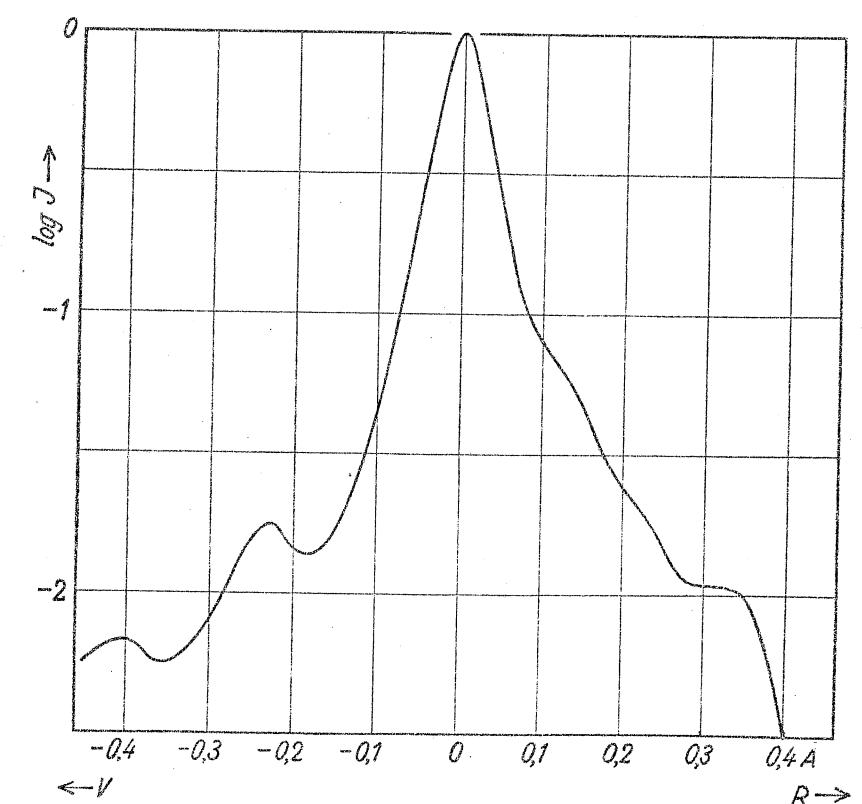


Fig. 3. The instrumental profile at λ 6000 in the second order.
 Fig. 3. La proaparata profilo ĉe λ 6000 en la dua ordo.

FOTOMETRIA ATLASO DE LA SUNOSPEKTRO

ENKONDUKO

Absorbolinioj en stelaj spektroj estas la ĉefa fonto de scio pri la kondiĉoj en stelaj atmosferoj. Precipe la studado pri la distribuo de la lumintenso en ĉi tiuj linioj liveras trezoron da informoj astrofizikaj, kiel montris konvinke granda nombro da esploroj en la lastaj 15 jaroj. Oni ellaboris metodojn por fidinda determinado de linioprofiloj, pritraktis la fontojn de sistemaj ekartoj, kaj indikis la limojn de la akurateco de l' moderna observotekniko. La tempo por kompleta fotometria pristudo de la liniospektro de stelo ŝajnis veninta.

Kompreneble oni elektas por tia esplorado unuavice la sunon, ĉar tre detala spekto ĝia estas akirebla multe pli facile ol tia de kiu ajn alia stelo. Ĉi tiu verko prezentas la sunospektron inter $\lambda 3332$ kaj $\lambda 8771$ en la formo de fotometrica atlaso, kaj tiel al ĉiu astrofizikisto rekte disponigas la observitajn intensoprofilojn de ĉiu linioj de Fraunhofer en ĉi tiu regiono. Estas klare, ke tiu ĉi publikajo povas esti nur provizora; sinoptika laboro ne povas esti farata tiom akurate, kiom la determinado de la profilo de unu sola linio. Eblaj ekartoj en la rezultoj estas pritraktataj sur paĝo 20.

LA SPEKTROGRAFAĴOJ

La sunospektro estis fotografata per la 150-futa turoteleskop de la Mt. Wilson-Observatorio, plejparte inter septembro 1936 kaj aprilo 1937 (Tabelo I). Laborado per integrita sunlumo ne eblis, ĉar la malferm-angulo de la spektrografo estis malpli granda ol la angula diametro de la suno. Tial estis decidate uzi la lunon de **la centro de l' sundisko**.

La lenso de l' objektivo de la 150-futa turoteleskopo¹⁾ havas diametron de 30.5 cm kaj ĉeffokuson distancon de 45.7 m. Por eviti la influon de lokaj diferenco sur la sundisko pro grajneco, torcoj kaj malgrandaj makuloj, ni fokusis la sunbildon ne sur la fendo de l' spektrografo, sed en ebena krado de Michelson, No. 66, kiu havas ĉirkaŭ 600 liniojn po milimetro kaj disponeblas haŭtan surfaceton de 6.7×12.5 cm². Kampolenso, formanta bildon de la lenso de l' teleskopa objektivo sur la krado, troviĝis ĉirkaŭ 80 cm super la fendo de la spektrografo.

Por la studio de atmosferaj linioj la sekanto de la meza zenita distanco de l' suno estas donita por ĉiu plako inter $\lambda 5275$ kaj $\lambda 8771$ en Tabelo I.

TABLO I. SEKANTO DE LA ZENITA DISTANCO DE L' SUNO POR LA SPEKTROGRAFAĴOJ INTER $\lambda 5275$ KAJ $\lambda 8771$

Numero de la plako Spektrografo	Sekanto de la zenita distanco	Numero de la plako Spektrografo	Sekanto de la zenita distanco	Numero de la plako Spektrografo	Sekanto de la zenita distanco
31 a	1,44	39 c	1,99	93 b	4,92
32 a	1,44	40 c	2,05	94 a	4,06
" b	1,42	41 a	1,44	" b	4,56
35 c	1,27	42 a	1,44	95 a	1,67
36 a	1,54	52 b	1,28	" b	1,64
37 a	1,54	55 a	1,46	96 a	1,67
38 c	1,99	" b	1,50	98 b	2,48

Numero de la plako Spektrografo	Sekanto de la zenita distanco	Numero de la plako Spektrografo	Sekanto de la zenita distanco	Numero de la plako Spektrografo	Sekanto de la zenita distanco
99 b	2,48	131 c	1,64	165 c	2,22
100 b	3,62	132 a	1,74	166 a	1,78
101 c	1,55	135 a	1,59	" c	2,02
102 c	1,55	" b	1,60	167 c	2,02
103 a	1,53	136 a	1,59	231 b	1,37
104 a	1,53	147 b	1,74	232 b	1,20
106 a	2,56	" c	1,76	240 b	1,99
114 a	1,59	148 a	1,95	241 b	1,99
" b	1,57	" b	2,04	242 a	1,86
117 a	1,92	" c	2,17	243 a	1,86
119 a	2,90	149 a	1,76	247 a	1,22
127 b	1,63	" b	1,73	248 a	1,22
128 b	1,63	" c	1,81	249 a	1,22
" c	1,62	158 b	2,14	250 a	1,26
129 a	1,94	159 b	2,14	251 a	1,26
130 b	2,03	164 a	1,86	252 a	1,26
131 a	1,74	165 a	1,86		
" b	1,69	" b	1,89		

La spektrografo.

La spektrografo¹⁾ de la turoteleskopo funkcias aŭtokolime kaj havas ĉeffokuson distancon de 22.9 m. Ĝi estas ekipita per ebena krado de Michelson, No. 66, kiu havas ĉirkaŭ 600 liniojn po milimetro kaj disponeblas haŭtan surfaceton de 6.7×12.5 cm². Kampolenso, formanta bildon de la lenso de l' teleskopa objektivo sur la krado, troviĝis ĉirkaŭ 80 cm super la fendo de la spektrografo.

En la dua ordo la spekto estis fotografata de $\lambda 3612$ ĝis $\lambda 6979$ kaj en la unua ordo de $\lambda 6924$ ĝis $\lambda 8770$; la meza disperso estas respektive 3 mm/A kaj 1,5 mm/A. Por komparo ankorau aliaj regionoj estis fotografataj en la unua ordo, sed ili ne estas enmetitaj en la atlason.

La fendolarĝo, elektita laŭ la formulo de van Cittert²⁾, estas inter 0.05 kaj 0.07 mm por la eksponoj en la dua ordo kaj inter 0.03 kaj 0.035 mm por tiuj en la unua ordo, depende de la ondolongo. La fokuso estas ĉiukaze tre zorge determinata, precipe en la ultraviolo, kie ĝi tiel rapide ŝanĝiĝas kun la ondolongo, ke la plakingo devas esti klinita. La ekspondaŭroj variis en la diversaj spektroregionoj de 2 ĝis 120 minutoj.

Fotometria kalibrado.

Ĉiu plako prezentas, krom la spektroj por la studado de liniprofiloj, serion de ses spektroj por fotometrica kalibrado (Fig. 1). Tiujn ĉi ni akiris per ŝuparo-absorbilo. Pro eta astigmateco, neevitebla en spektrografo de tiu ĉi tipo, la linioj de Fraunhofer kaj la randoj de la spektroj por kalibrado bildiĝas en la sama ebena nur, se la ŝuparo-absorbilo estas lokita proksimume 25 cm sub la fendon.

La ŝuparo-absorbilo, farita kaj kalibrata en la Fizika Laboratorio en Utrecht en 1935,

konsistas el vitroplateto, platenita laŭstupo diversdense. La ses ŝtupoj, el kiuj ĉiu estas 3.5 mm larĝa, translasas frakciojn de la alfalanta lumo proporciojn al ĉirkaŭ 100, 63, 36, 21, 11 kaj 7. La preciza translaso estis determinata je diversaj ondolongoj pere de unufrekvencigilo, vakuo-varmo-de la E.M.F. de l' varmopilo per helpa tensio; pro tio ne estis necese kontroli, ĉu la plifortigita kiam ĉiuj fotoj estis faritaj, montris, ke la translaso de l' ŝtuparo-absorbilo restis, inter la limoj de l' mezurekarto, senŝanĝa.

Farado de bonaj spektrografoj por kalibrado per ŝtuparo-absorbilo necesigas, ke la fendo tralasu la lumon unuforme laŭ sia longo. Tiu ĉi kondiĉo estas plenumita, se la fendo havas perfekte rektajn eĝojn, kiuj restas paralelaj je ĉiuj larĝoj. Unu sola fotografaĵo de la centra regiono de l' sunbildo, farita per la ŝtuparo-absorbilo kaj fendo de konvena larĝo, tiukaze liveras sunokte la fendo devas esti almenaŭ 0.5 mm larĝa por certigi unuformecon de lumintenso tra la larĝo de spektro 2 cm larĝa. Tial ni ne aplikis Metodon I; la spektrojn por kalibrado ni fotografis kun radiadtensio. Apartaj spektroj por registrado de la liniprofiloj estis fotografaĵoj sur la saman plakon kun mallarĝa fendo kaj diversaj ekspondaŭroj, kiuj diferencis ĝenerale de tiu por la spektro elektata por registrado *) (Metodo II, Fig. 1).

Kompare kun Metodo I, Metodo II havas la avantaĝon, ke la spektrografoj por registrado tute ne montras interferostriojn, kiuj estas malfacile plene eviteblaj ĉe uzado de ŝtuparo-absorbilo pro reflektado de la platenita supraĵo. Aliflanke Metodo II havis la jenajn malavantaĝojn:

a) La ekspondaŭroj por la plej bona spektro kaj por la spektro por kalibrado ne ĉiam estas egalaj. Speciala esploro montris, ke de tiaj diferenco, kiaj okazis ĉe niaj plakoj, la influo sur la karakterizan kurbon de la plako neniam estas pli granda, ol la necertajo en la determinado de tiu ĉi kurbo.

b) La efiko de fremda lumo, difuzita en la spektrografo, povas esti iom pli granda ĉe Metodo II, ol ĝi estus ĉe Metodo I. La mezurado de liniprofiloj en la samaj spektrografoj, servantaj por kalibrado (Metodo I), korektas aŭtomate por tiu parto de la fremda lumo, kiu estas egalmezure distribuita sur la spektrografo. Sed, se la liniprofiloj estas mezurataj sur apartaj spektrografoj (Metodo II), la efiko de fremda lumo eble ne estas tiel bone eliminata, ĉar tiu lumo povas havi malsamajn intensojn sur la spektrografoj de mezurado kaj sur tiuj por kalibrado. Por kiel eble plej malgrandigi la efikon de tiu ĉi lasta fonto de ekarto, ni uzis laueble ĉe ĉiu fotografaĵo konvenan kolorfiltrilon.

La karakteriza kurbo de plako estis determinata per mezuradoj tiel en la kontinua spektro, kiel ene de absorbolinioj. Generale tiuj ĉi mezuradoj montris kontentigan akordiĝon en sin kovrantaj intervaloj de optika denso, kio indikas la fidindecon de la metodo de farado de spektrografoj por kalibrado. Tamen la karakterizaj kurboj, akiritaj per mezuradoj centre de la plej profundaj linioj de Fraunhofer, montris malgrandan sistemian diferencon kompare kun la kurboj determinitaj el la kontinua spektro. Tio eble estas atribuenda al la du kaŭzoj supre menciiitaj kaj, supozeble, al malgrandaj rivel-efikoj. Pro tio ŝajnas al ni, ke la centraj intensoj, kiujn la Atlasso montras por profundaj linioj de Fraunhofer, ne estas same fidindaj, kiel la profiloj de la alioj.

*) Se la ekspondaŭroj estas egalaj, la numeron de l' plako menciiitan maldekstre sub ĉiu registaĵo sekvas la litero b. Vidu ankaŭ p. 20.

Fotografa tekniko.

Ni uzis plakojn 25 cm longajn, kiuj kovris proksimume 85 A en la dua ordo. La jenaj etaj grajnaj plakoj ni elektis: Eastman Kodak III C, III F, IV F, 144 S, 144 N, 144 P kaj Cramer Contrast. Antaŭ uzo ĉiuj plakoj estis provizataj per kontraŭhaloa tavolo el glukozo kaj kalcinita umbro 3). Ili ne estis hipersentemigataj, ĉar sperto montris, ke tio kelkfoje kaŭzas neunuformecon.

Ciuj plakoj estis rivelataj dum 5 minutoj je 65° F per metolo-hidrokinono-boraks-rivelilo de jena konsisto: akvo 1000, metolo 2, hidrokinono 5, natria sulfito (anhidra) 10, boraks 20.

Fidinda fotometrio de la pli profundaj linioj postulas malfortan kontraston. Et-grajnaj plakoj tamen emas esti kontrastoriĉaj; ĉi tial ofte estis necese dilui la rivelilon per akvo en la proporcio de 1 : 3 aŭ 1 : 4. Malgraŭ tiu ĉi antaŭzorgo la kontrasto en la ultraruĝaj spektrografoj estas ankoraŭ iom fortaj por fotometriaj celoj.

Dum la rivelado la plakoj estis penikataj por malpliigi eventualan okazon de l' fenomeno de Eberhard. Ili estis fiksataj en neacida fiksbanjo.

Kradofantomoj.

Ni multe penis pri la fotografa fotometrio de la kradofantomoj. Per eksponoj plurtagaj ni sukcesis fotografi nombron da fantomoj de la elsendolinio de neona malšargo-tubo. La fantomoj estas tiel malfortaj, ke la intenso de la ĉeflinio devas esti malpliigata por ebligi komparon. Ĉi-ĉele ni uzis specialan ŝtuparo-absorbilon kun ŝtupoj translasantaj nur ĉirkaŭ 3 kaj 0.3 %. La rezultoj de la mezuradoj troviĝas en Tabulo II.

TABULO II. RELATIVAJ INTENSOJ DE LA FANTOMOJ ĉE LA KRADO DE MICHELSON No. 66

Numero de la fantomo		Fantomoj sur la flanko de l' malpli longaj ondoj			Ĉef-linio	Fantomoj sur la flanko de l' pli longaj ondoj		
		3	2	1		1	2	3
Distanco for de la ĉeflinio en A ĉe λ 6000 *)	1a ordo	30.00	20.00	10.00	0	10.00	20.00	30.00
	2a ordo	15.00	10.00	5.00	0	5.00	10.00	15.00
Relativa intenso	1a ordo			0.34	100	0.27		
	2a ordo	0.17	0.09	1.17	100	1.17	0.12	0.12

En la unua ordo nur du fantomoj estis fotografeblaj, unu ambaŭflanke de la ĉeflinio. Ili sumas intenso ampleksas 0.61% de tiu de la ĉeflinio, dum en la dua ordo ĝi estas 2.34%. Ĉi tiuj du valoroj rilatas proksimume kiel 1 : 4, kiel postulas la teorio⁴⁾. La Tabulo II la sumo de ĉiuj fantomoj en la dua ordo estas ĉirkaŭ 3%, kaj, konforme al tio, valoro de 0.75% ŝajnas akceptebla por la unua ordo. Ĉi tiuj valoroj, determinitaj ĉirkaŭ λ 5850, estas akceptitaj por la tutaj spektra regionoj, kvankam verŝajne la intenso de la fantomoj ne estas tute sendependa de la ondolongo.

Por fari tre precizajn korektojn por la efiko de fantomoj, la intenso de ĉiu fantomo estas kalkulenda por ĉiuj punktoj de la profilo per la donitaĵoj de Tabulo II. Por la grada plimulto de la linioj, tamen, konstanta valoro povas esti uzata por akiri proksimuman korekton, kion ni efektivigis jene⁵⁾: la nulo de la intensoskalono estas metata ĉe la efektivan nulon registritan de la mikrofotometro, sed ĉe la punkton, kie la intenso estas 3% (aŭ 0.75%) de tiu en la kontinua spektro. Tion ĉi ni atingis per tio, ke ni uzis maksimuman deklalon de 103 mm ĉe la registrado de

*) Tiuj ĉi distancoj varias proporcie kun λ .

la duaordaj Mt. Wilson-spektrografoj kaj poste presigis la nulolinion de la intensoskalo 3 mm super la registritan nulolinion. Ĉi tiu rekta procedo estis aplikebla nur tial, ĉar la ordinato sur la registraĵoj estas proporcia al la intenso de la radiado en la spektro; ordinara mikrofotometraj registraĵoj ne estas tiel facile korekteblaj koncerne la efikon de fantomoj.

La spektrografoj de la ultraviolo (λ 3332— λ 3637).

Ĉe ondolongoj malpli grandaj ol λ 3600 la sunospektro ne povis esti fotografiata tra la vitraj optikajoj de la 150-futa turoteleskopo de la Mt. Wilson-Observatorio. Tial ni decidis fotografi kiel eble plej grandan parton de ĉi tiu regiono per improvizia krado-aranĝo en la Fizika Laboratorio en Utrecht. La vitra objektivo de la utrehta sunlorno⁶⁾ estis forigata; ebena spiegulo ĉe la malsupra ekstremo de la lorno devigis la lumon horizontale al konkava spiegulo, projekcianta sunbildon sur la krandon de improvizia spektrografo. Ni uzis konkavan krandon de Wood, $13 \times 8 \text{ cm}^2$ grandan, havantan 591 liniojn po mm kaj radion de kurbiĝo de 10 m. La spektro de **integrita sunlumo** estis fotografiata en la dua ordo, kie la disperso estas proksimume $1.2 \text{ mm}/\text{\AA}$. Pro la astigmatismo, neevitebla ĉe uzado de konkava krado en aranĝo laŭ Rowland, la kvarca ŝtuparo-absorbilo, uzata por la farado de la spektrografoj por kalibrado, estis lokenda je certa distanco antaŭ la fendon; ĉi tiu distanco variis kun la ondolongo.

Kiam la suno brilis sur la fenestrojn de la ĉambro, kie troviĝis la krado-aranĝo, aerper-turboj konfuzis la bildon. Ĉi tiu malhelpo, la longaj ekspondaŭroj kaj la malgranda nombro de sunaj tagoj devigis nin uzi la tre sentemajn „Ilford Double X-Press“-plakojn, kiuj, bedaŭrinde, estas krudgrajnaj. Tamen ni akiris uzeblajn spektrografojn dank' al la persisto de s-ro J. H. Bannier, kiu fotografis ĉi tiun regionon.

La suma intenso de la fantomoj, kiujn estigas la konkava krado en la dua ordo estas ĉirkaŭ 7 % de la intenso de l' ĉeflinio. Ni proksimume korektis por ĉi tiu efiko samamaniere, kiel ni supre priskribis. En la ultraviolo la multnombroco de la absorbolinioj malpliigas la mezan intenson de la fono ĝis eble 70 % de tiu de la efektiva kontinua spektro. Tial la nulo de la intensoskalo sur la registraĵoj estis lokata 5 mm (7 % de 70 mm) constataj 7 mm super la registritan nulolinion.

La rezultojn ni publikigas en formo de aldonoj. Ili estas provizoraj, sed prezentas la solajn fotometriajn donitaĵojn nun disponeblajn por tiu ĉi regiono de la sunospektro.

LA METODO DE REGISTRADO DE INTENSOJ

Pro la tre granda amplekso de la laboro ne estis eble unue registri la translason de la plako kaj poste desegni ĉi tiujn kurbojn laŭ la vera intenso. Ni devis konstrui aparaton, kiu efektivigu ĉi tiun transformon senpere. Per ĉi tiu instrumento ni registradis tutan ĉi tiun Atlason; ĝi plene kontentigis ĉiujn atendojn kaj, en kombino kun kia ĉi-jn ordinara mikrofotometro, ni povas ĝin tre rekomendi por ĉiu grandskala spektrofotometria laboro.

Figuroj 2 montras skemon de la intensoregistrilo uzata en kombino kun la bone konata mikrofotometro laŭ Moll^{*)}. En la mikrofotometro la lampo fetas mallarĝan lumgarbon tra la plako sur la fendon de varmopilo. La varmo-elektra fluo pasas helpan galvanometron, G_1 , lumigatan per longa lumanta fendo, S. Malgranda lenso antaŭ la galvanometra spiegulo formas bildon de ĉi tiu fendo sur diafragmo, D, eltranĉita, por ĉiu spektrografo aparte, el folio de fortika milimetropapero. La translasita lumo estas konverĝigata per kondensatoro sur bartavolan lumopilon, C, kiu siavice estas konektita kun G_2 , la ordinara galvanometro de la mikrofotometro. Fine la dekliniĝo de G_2 estas registrata sur fotografa papero, movata per la cilindro R.

^{*)} En tiu ĉi studio, kiel en multaj antaŭaj, la granda fidindeco kaj praktika aranĝo de la mikrofotometro laŭ Moll konfirmiĝis ĉiam denove.

La precizeco de la rezuljoj grandparte dependas de tio, ĉu oni sukcesas doni al la diafragmo D la ĝustan formon. La karakteriza kurbo (intenso, ordinatigita al la dekliniĝo de la galvanometro G_1) de la mezurota spektrografo servas kiel unua proksimumo; malgranda empiria korekto de ĝi eliminu la kombinitajn efikojn de la neperfektoj de l' aparato. Antaŭ ĉiu registrado la instrumento estis alĝustigata tiel, ke la dekliniĝo de G_2 estu proporcia, precize ĝis 1 %, al la intenso de la lumo impresinta la plakon. — Pli detala priskribo de la intensoregistrilo estas publikigita aliloke⁷⁾.

La kontinua spektro.

La deklino respondanta al la kontinua spektro ĉiam estis laueble bone alĝustigata al la norma valoro de ĉirkaŭ 100 mm (eksklude kelkajn milimetrojn por fantomokorekto). Ĉe multaj plakoj la optika denso de la kontinuo varias laŭgrade kun la ondolongo. Respondaj pri tio povas esti diversaj kaŭzoj, ekz. la vario de la sentemo de l' plako kun la ondolongo. Ni kompensis tiajn gradientojn, movante kojnon, sinkrone kun la plako tra la lumgarbo L_1S per levilo. Tiel la dekliniĝo respondanta al la kontinuo povis esti tenata proksimume konstanta; eventuala malforta kurbiĝo en la kontinua fono tiel ne estas eliminata. Listo de la regionoj, kie la kompensoj estis uzata (Tabelo III) eble povos servi ĉe diskuto pri la versajna vario de l' kontinua spektro.

TABELO III. REGIONOJ REGISTRITAJ KUN KOMPENSOKOJNO

aldono	dua ordo	unua ordo
λλ 3332—3401	3612—3663	4503—4520
3414—3519	3697—3714	4569—4586
3558—3575	3762—3779	4603—4619
3591—3637	3828—3877	4685—4702
	3892—3909	4767—4776
	4000—4065	4832—4849
	4090—4123	4864—4931
	4156—4205	4952—5243
	4222—4273	5323—5339
	4288—4305	5404—5606
	4370—4387	5654—5683
	4420—4437	5693—5757

En iuj partoj de la spektro, kie la linioj dense viciĝas, la ĝusta nivelo de la kontinuo ofte estas necerta; por ĝin determini necesus vasta esploro speciala, kiun ni devas lasi al la uzontoj de ĉi tiu Atlaso. Al ili povos servi jena lista de spektraj regionoj, kie la sunospektro estas preskaŭ tute senabsorba, (Tabelo IV). Ĉi tiuj regionoj estas trovitaj de Chalonge kaj Déjardin, kiu komparis la intenson en la sunospektro kun tiu de nigra korpo ĉe 7000° ; ili ordinatigis la logaritmon de la observita intenso al $1/\lambda$, kaj trovis, ke estas eble, desegni rektojn tra la plej altaj maksimumoj de la rezultinta kurbo⁸⁾.

TABELO IV. REGIONOJ SENABSORBAJ EN LA REFRAKTEBLA PARTO DE LA SUNOSPEKTRO
(LAU ARNÜLF, CHALONGE, DÉJARDIN⁸⁾

Kelkaj spektrografoj, precipue en la ruĝa kaj ultraruĝa regionoj, montras neregulajn diferencojn en la optika denso de l' kontinua fono tra distancoj de kelkaj anstromoj. Ĉi tiuj malregulaĵoj, kiuj forestas sur aliaj fotoj de la sama regiono, verŝajne estas atribuendaj al lokaj diferencoj en la sentemo de la plako. La rimarkinde granda intenso ĉe λ 4951, tamen, ŝajnas reala fenomeno ankoraŭ ne klarigebla.

La nulolinio.

La nulolinion ni povis determini laŭ du manieroj:

- a) metante maldiafanan ŝirmilon antau la diafragmon;
 - b) forigante la bildon de la luma fendo for de la diafragmo.

La rezultoj, kiujn liveras ĉi tiuj du metodoj, ne estas la samaj, ĉar fremda lumo, trafanta la diafragmon, estigas, ĉe apliko de metodo (a), malgrandan deklinon post forigo de la netranslasa ŝirmilo, ankaŭ, se la fendobildo troviĝas ekster la diafragmo. Ĉi tiu dekliniĝo metas malsupran limon al la intensoj registreblaj en la spektro. Tial metodo (a) ne estas aplikebla por tre profundaj linioj de Fraunhofer. Metodo (b) permisas registradon de ĉiuj intensoj, sed havas alian mala-vantaĝon: se la kompensokojno estis uzata ĉe l' registrado de la spektro, ĝi devis esti uzata en precize la sama maniero por la registrado de la nulolinio, kiu tiukaze jam ne fariĝis horizontala. Rezulte la distanco inter la nulolinio kaj la linio indikanta la intenson de la kontinua spektro grade ŝanĝiĝas laŭlonge de la registro.

Tial estis necese antaŭe decidi por ĉiu plako, kiu metodo de registrado estu aplikata; la sama metodo do estis uzata ĉe la empiria determinado de la ĝusta formo de la diafragmo; ĉi tiu procezo aŭtome korekte kompensas la influon de fremda lumo. Ni uzis laueble metodon (a); metodon (b) ni aplikis nur tie, kie tio necesis pro tre profundaj absorbolinioj.

Por atingi la kiel eble plej grandan precizon ĉe intensomezuradoj en ĉi tiu Atlaso, oni uzu tiel la registritan nulolinion, kiel la kontinuan fonon ĉe la ondolongo, kie la intenso estas mezurenda. Por la plimultaj celoj, tamen, la vario en la dekliniĝo de la nulolinio sur iu registro estas sufiĉe malgranda por esti malkonsiderebla. (Komp. p. 20).

Cilindrai lensoi

La neregulaĵoj, kiujn kaŭzas la grajneco de la impresebla tavolo, estis malpligataj per la uzo de du cilindraj lensoj, unu antaŭ la unua, la alia post la dua mikroskopa objektivo. La unua diverĝigas la lumagrabon en tre maldikan rubandon paralelan al la linioj de Fraunhofer, dum la

alia rekonverĝigas la lumon al punkto de la fendo antaŭ la varmopilo. Ĉi tiu aranĝo integras la spektron tra alto de ĉirkaŭ 4 mm, kio pliglatigas la registrokurbojn konsiderinde kaj prezentigas a malfortajn liniojn pli klare *).

Specialaj provoj montris, ke la apartigopovo de la mikrofotometro pro tio ne estas malpligita. La integrado estus ankoraŭ pli kompleta, se la cilindraj lensoj estus metitaj en la plej favorajn punktojn de la lumvojo. Pro kialoj praktikaj tio ĉi tamen ne eblis, kaj, rezulte, la mezo de la umigita parto de la spektrografo kontribuas pli ol la supra kaj malsupra partoj.

La cilindraj lensoj ne estis uzeblaj en la determinado de l' karakteriza kurbo, ĉar la ŝtupoj de l' ŝtuparo-absorbilo estas nur 3.5 mm larĝaj. Speciale esploro montris, ke karakterizaj kurboj determinitaj kun kaj sen cilindraj lensoj interakordas inter la limoj de la mezurekartoj.

La linio de referenco.

Sur arbitra loko de ĉiu regisraĵo troviĝas vertikala linio, akirita per haltigo de la cilindro kaj svingigo de la galvanometro dum mallonga tempo. Ĉi tiu linio indikas la direkton, en kiu la intensoj estu mezurataj; la kliŝoj estis tiel lokataj, ke tiu linio estu ekzakte paralela kun la vertikala linioj de la milimetroreto. Ĝi do ankaŭ servas por kontrolo de la precizeco, kun kiu la kliŝo estis alĝustigita ĉe la presado.

La linio de referenco estas sur la plimulto de la registraĵoj loke interrompita, por ne malfaciliĝi la legadon de la registrita kurbo. Kelkfoje troviĝas linioj de referenco ĉe ambaŭ ekstremoj; ili ne ĉiam estas absolute paralelaj, sed montriĝis, ke tiuj ĉi malgrandaj devioj estas malegalaj por diversaj registraĵoj, supozeble ĉar la fotografa papero ne ĉiam estis precize samamaniere volvita ĉirkaŭ la cilindron.

Kombinitaj registradoj.

La plenaj profiloj de tre profundaj absorbolinioj ne estis determineblaj el unu sola spektrografaĵo, ĉar la plakoj estas tro kontrastoriĉaj por ebligi mezuradon de la larĝaj intensoproporcioj tie okazantaj. Tiakaze ni registris unu post la alia helcan kaj malhelcan spektrografaĵon sur la saman registrofclion; netranslasan ŝirmilon ni lokis antaŭ la registropaperon tiel, ke la maldensa fotografaĵo liveru nur la altajn partojn, kaj la densa la malaltajn partojn de la kurbo de l' intenso. Oni povas priuigi la gradon de interakordiĝo ĉe mezaj valoroj de la intenso, kie la du regisraĵoj sin kovras (Ekz. λ 8173—λ 8191).

Ĉe kelkaj el la plej fortaj linioj atmosferaj la centra intenso estis tro malgranda por esti determinebla; ni tie hipoteze kompletiacis la kurbon per punktitaj linioj (Ekz. λ 7584—λ 7686).

En kelkaj alicoj kazoj estis neeble derivi la tutan registrajon de unu sola plako. Tiakaze ni estis devigataj kombini en sinsekvon la registraojn de du plakoj. Maldekstre sub la kurbo oni trovos ĉi-kaze la numerojn de ambaŭ plakoj kun mencio de la ondolongo, ĉe kiu la kunigo okazis (Ekz. λ 5323—λ 5339).

Pligrandigo kaj rapido de registrado; fendolarĝoj.

Ĉe l' farado de la regisraĵoj de l' duaordaj spektrografoj de Mt. Wilson la laŭlongaj distancoj estis $7 \times$ pligrandigitaj; por la unuaordaj spektrografoj de Mt. Wilson kaj la fotoj utrehtaj ĉi tiu pligrandigo estis 14-obla. La regisraĵoj de la utrehtaj plakoj estis, ĉe fina reproduktio,

^{*)} La uzo de cilindraj lensoj prezentas la solan praktikajn metodojn por kombini integradojn tralarĝe de spektro kun konverĝo de la lumo al la malgranda ricevilo de la varmopilo.

ankoraŭ iom pligrandigataj pro la malpli granda origina disperso de ĉi tiuj plakoj. Tiel rezultis por ĉiu registraĵo skalo de proksimume 2 cm/A.

Ni elektis tian rapidon de registrado, ke ni povu sekure kalkuli, ke la instrumento ĉiumomenten troviĝas en ekvilibro. Akorde kun la translaso de la neimpresitaj plakopartoj ni alĝustigis la fendolarĝojn tiel, ke rezultu la kiel eble plej granda apartigopo. Projekciita sur la plakon la fendo-larĝo variis de 0.013 ĝis 0.015 Å en la dua ordo, kaj de 0.018 ĝis 0.020 Å en la unua ordo.

La skalo de ondolongoj.

Sur ĉiun registraĵon ni metis streketojn kun intervaloj de 1 Å por faciligi la identigon de la absorbolinioj. Ĉi tio ni efektivigis determinante por ĉiu registraĵo la lokojn de 4 konvenaj linioj de Fraunhofer kun precizo de 0.1 mm. Supozante la disperson konstantan en la regiono kovrita de unu registraĵo (proksimume 18 Å), ni kalkulis la skalon de ondolongoj plej bone akordantan kun ĉi tiuj 4 punktoj per simpligita metodo de la plej malgrandaj kvadratoj, uzante la ondolongojn mencitajn en la Revised Rowland Table.

La precizo de la skalostreketoj estas ĉirkaŭ 0.01 Å. Ekartoj ĝis ĉirkaŭ 0.05 Å okazas tamen en la jenaj regionoj: λλ 4138—4141, 4603—4615, 4783—4799, 5604—5607, 6728—6736, 7176—7180, 7584—7601, kaj 7750—7760.

Se montriĝis ĉe ekzameno de registraĵo, ke la dekliniĝo respondanta al la kontinua spektro diferencis iomete de la intencita norma valoro, la kurbo estis kompense iom pligrandigata aŭ malpligrandigata ĉe klišado. La malgranda ŝanĝigo en la disperso, rezultanta el tio, ne estas grava malavantaĝo, ĉar sur la spektrografoj la disperso tamen jam iom varias kun la ondolongo.

La procedo de presado.

Ciu paĝo de la Atlasso estis presata en du etapo: unue la milimetroreto estis presata per blua inko, poste la kurbo mem kun la linio de referenco kaj la nulolinio per nigra inko. Estis necese alĝustigi la klišon akuratege por certigi, ke la linio de referenco estu paralela al la vertikalaj linioj de la milimetroreto. (Vidu paĝon 18: Linio de referenco). En la registraĵo de λ 4701—λ 4718 la profiloj de kelkaj fortaj linioj suferis etan deformiĝon pro mekanika difektiĝo de la klišo.

La reproduktajoj estas faritaj sur speciale fabrikita papero, kiu praktike ne suferas tordiĝon pro varioj en la atmosferaj kondiĉoj. Dum la tutia procedo de presado la malsekeco de la aero estis zorge kontrolata; dum pli ol unu semajno antaŭ presado la papero troviĝis en aero de la sama malsekeco. Per ĉi tiuj antaŭzorgoj ni evitis tordiĝon dum la tempo inter la presado de la milimetroreto kaj de la kurbo; krome rezultis pluraj avantaĝoj por la presotekniko.

LA PROAPARATA PROFILO

La profiloj en ĉi tiu Atlasso ne prezentas la veran intensodistribuon en la linioj de Fraunhofer pro la finita apartigopo de la spektrografo, plako kaj registra aparato. La necesaj korektoj oni povas trovi, determinante per la sama aparato la ŝajnan profilon de preskaŭ unufrekvenca spektrolinio aŭ mallarĝa linio, kies vera profilo estas konata.

Pro la longa ĉeffokusa distanco de la 75-futa spektrografo ĉe Mt. Wilson estis malfacile akiri spektrografojn konvenajn por determini la proaparatan profilon. Sur fotografoj de la spektroj de neonaj malšargo-tuboj, eĉ post eksponoj dum unu ĝis kvin tagoj, la ekstremaj aloj de la linioj estas

apenaŭ sufice densaj por mezuradoj. Krome tiuj ĉi linioj montriĝis ne tute netaj, verŝajne pro etaj sismaj tremoj. Le jenaj donitaĵoj rilatas al la dua ordo de la spektrografo ĉe Mount Wilson.

a) La teorio apartigopovo estis 150.000, la malferm-angulo de la spektrografo 1/182. Ĉe λ 6000 tio ĉi respondas al proaparata profilo kun duonvaloro-larĝo *) de 0.12 mm sur la plako, se la fendolarĝo estas elektita laŭ la formulo de van Cittert ²⁾. Evidente ĉi tiu teorio rezulto estas rigardenda kiel malsupra limo de la efektiva valoro.

b) La mezurita duonvaloro-larĝo de la neonaj elsendolinioj apud λ 5850 estis 0.20 mm. Tio ĉi estas supra limo al la vera proaparata duonvaloro-larĝo pro la propra larĝo de la Ne-linio kaj pro eblaj tremoj de la instrumento dum la treege longa daŭro de l' ekspono. La aloj de l' observita linioprofilo tamen supozeble suferas relative malmulte pro ĉi tiuj influoj. La profilon de Ne 5852, fotografita kun la sama fendolarĝo, kiun ni uzis por la sunspektro, ni povis sekvi sur la plako ĝis iom pli ol 1 mm for de la centro de la linio; la intenso je ĉi tiu distanco estis 0.5 % de la centra intenso.

c) La mezurita duonvaloro-larĝo de kelkaj mallarĝaj teraj O-linioj proksime al λ 6300, la plej mallarĝaj linioj en ĉi tiu Atlasso, estas 0.18 mm sur la plako. Supozante, ke la kvadrato de l' observita larĝo egalas al la sumo de la kvadratoj de l' propra (Doppler-)larĝo, 0.045 mm, kaj la duonvaloro-larĝo de l' proaparata profilo, oni trovas por tiu ĉi lasta valoron de 0.17 mm ĉe λ 6000. Ni povas rimarki ĉi tie, ke la observitaj profiloj de l' teraj O-linioj bonege akordas kun tiuj determinitaj de Allen per la sama instrumento sub la samaj kondiĉoj ⁹⁾.

Donitaĵoj por la unua ordo ni akiris:

a) per komparo kun la dua ordo. La duonvaloro-larĝoj de kvar linioj de Fraunhofer ĉirkaŭ λ 6700, fotografitaj tiel en la unua, kiel en la dua ordo, estis mezurataj. Ree supozante, ke la kvadrato de l' mezurita larĝo egalas al la sumo de l' kvadratoj de la propra larĝo kaj la proaparata larĝo, ni trovas en la unua ordo por la duonvaloro-larĝo de l' proaparata profilo 0.15 mm, se ni akceptas valoron de 0.19 mm por la dua ordo. La proaparata duonvaloro-larĝo, supozeble proporcia kun la ondolongo ¹⁰⁾, havus valoron de 0.14 mm ĉe λ 6000 (unua ordo).

b) per esploro de la O-linioj ĉirkaŭ λ 6300, mezuritaj ankaŭ en la dua ordo; en la unua ordo ni trovis larĝon de 0.15 mm, kiu reduktiĝas pro korekto por la propra Doppler-larĝo al 0.14 mm. Ĉi tio tute akordas kun la unua determinado.

La verŝajnan formon de l' proaparata profilo en la dua ordo de l' 75-futa spektrografo de Mt. Wilson montras Fig 3, dum nombraj donitaĵoj troviĝas en Tabelo V. Ĉi tiu profilo estas identa kun la mezurita profilo de Ne-elsendolinio, escepte de la centra parto, kiu, por rezultiĝi duonvaloro-larĝon de 0.18 mm ĉe λ 6000, estas iomete malplilarĝigita. Por la unua ordo ni povas nur diri, ke la duonvaloro-larĝo estas 0.14 mm ĉe λ 6000. Se ni supozas, ke la proaparata larĝo en anstromoj estas proporcia kun la ondolongo, ni trovas, ke la duonvaloro-larĝoj determinitaj respondas ĉe λ 6000 al 0.061 Å en la dua ordo kaj al 0.10 Å en la unua ordo. Sur la registraĵoj ili respondas al ĉirkaŭ 1,2 mm kaj 2,0 mm. Por aliaj ondolongoj tiuj ĉi larĝoj kaj la distancoj mencitaj en Tabelo V estu multiplikataj per $\frac{\lambda}{6000}$.

La proaparata profilo ĉi tie determinita prezentas la entutan plilarĝiĝon de ideale unufrekvenca linio pro la kombinitaj influoj de l' spektrografo, plako kaj registra aparato.

*) Duonvaloro-larĝo = tutaj larĝoj ĉe intenso egalaj al la duono de la maksimuma intenso.

TABLO V. LA PROAPARATA PROFILO EN LA 2A ORDO ĉe λ 6000

Decentra distanco en A	Intenso		Decentra distanco en A	Intenso	
	V	R		V	R
0.00	100	100	2	1.7	2.0
1	91	91	4	1.7	1.6
2	69	69	6	1.5	1.3
4	35	35	8	1.0	1.1
6	17	17	0.30	0.79	1.1
8	8.1	10	2	0.66	1.1
0.10	4.5	7.9	4	0.59	1.0
2	2.8	6.6	6	0.56	0.85
4	2.0	5.4	8	0.60	0.60
6	1.5	4.0	0.40	0.68	0.32
8	1.4	3.0	2	0.64	—
0.20	1.5	2.4	4	0.60	—

PRECIZO DE LA REZULTOJ

Multajn fontojn de ekartoj ni mencias en la antaŭaj ĉapitroj; sed por akiri la registrojn necesis tiom komplikita vico da procedoj, ke estus tre malfacile indiki laŭkvante ĉiujn fontojn de ekartoj, kiuj ĉe tio povus ludi rolon. Por priuigi la efektivan precizon de la fina rezulto necesas vasta esploro. Jen nur kelkaj ĝeneralaj rimarkoj:

1. Estos necese kompari kelkajn profilojn el la Atlasso kun profiloj de la samaj linioj, determinitaj sendepende kaj tre precize. Ni faris tion ĉi por la Mg-linio λ 5184, antaŭe determinita de unu el ni, kaj ne trovis deviojn de pli ol 2%¹¹⁾.

2. Frapas, ke sur la registroj liniduoj kaj pliparte sin kovrantaj linioj estas multe malpli apartigitaj, ol oni atendus post vida esploro de la spektrografoj. La klarigo verŝajne troviĝas en la tendenco de l' okulo troigi malgrandajn intensodiferencojn. La procedo, laŭ kiu ni faris la registrojn, ne kaŭzis iel la konsiderindan malpliiĝon de la apartigo. Ci tion montras kelkaj specialaj registroj faritaj sub jenaj kondiĉoj: tre mallarĝaj fendoj, ekstrema malrapido, forigo de la cilindraj lensoj kaj de la aparato, transformanta mezuradon de translasita fluksa en mezuradon de spektra intenso.

3. Komparante la partojn, kie du registroj sin kovras, oni trovos en multaj kazoj pli aŭ malpli grandajn diferencojn. Teraj linioj kompreneble povas havi malsamajn intensojn. Komparante sunajn liniojn, oni distingu jenajn kazojn: la du registroj devenas

- a) de unu sama spektrografo;
- b) de diversaj spektrografoj sur unu sama plako;
- c) de diversaj plakoj.

La devioj, kiuj ĝenerale kreskas de (a) al (c), povas sumiĝi ĝis 5% aŭ eĉ 10% de la intenso en la kontinua spekto. Ili estas kaŭzitaj ne nur de malakurajoj en la fotometrio, sed ankaŭ de malgrandaj diferencoj en la neteco de l' spektrografoj kaj en la alteco de l' kontinua fono.

4. Speciale interesaj estas komparoj inter unua- kaj duaordaj spektrografoj, kaj inter spektrografoj faritaj sur Mt. Wilson kaj en Utrecht. La regiono λ 6000— λ 6980 estis fotografata sur Mt. Wilson, tiel en la unua ordo, kiel en la dua; la malpli granda apartigopovo en la unua ordo klare montriĝas. Specialaj registradoj kun pli mallarĝaj fendoj, sen cilindraj lensoj kaj kun

malgranda rapido ne lasis dubon, ke la diferenco estas atribuenda al la spektrografoj mem kaj ne estis estigata ĉe la registrado. En la Atlasso nur la regiono λ 6924— λ 6979, enhavanta nur malmultajn sunajn liniojn, estas reproduktita tiel en la unua, kiel en la dua ordo.

Komparo de la spektrografoj de Mt. Wilson kun tiuj de Utrecht (λ 3610— λ 3637) montras, ke la apartigo sur la lastaj estas multe malpli fortaj, kvankam la teoriaj apartigopovo de ambaŭ spektrografoj estas samordaj. Ĉi tiu diferenco ne povas esti alskribata nur al malpli granda disperso, sed devas esti kaŭzita grandparte de l' aerperturboj en la improvizia spektrografo kaj de la maledikateco de la grajnoj de l' plakoj, kio malpliigas la netecon de l' spektrografoj (p. 15). — Kompreneble eĉ la altdispersaj spektrografoj de Mt. Wilson estas akirataj per aparato kun apartigopovo ne sufiĉa por prezenti ĉiujn detalojn en la spektro de l' suno. Pro la aparata plilarĝigo la plej bonaj spektrografoj nun disponeblaj liveras ne pli ol unuan proksimumon de l' vera energidistribuo en la malpli fortaj linioj de l' sunospektro.

INSTRUJKCIOJ POR LA UZADO DE LA ATLASO

La kurboj estas ordigitaj laŭ kreskanta ondolongo de λ 3612 ĝis λ 8771. La regiono de λ 3332 ĝis λ 3637, kie la apartigo estas malpli fortaj, sekvas kiel aldono. Du registraĵoj, kovrantaj ĉirkaŭ 18 Å poe, troviĝas sur ĉiu paĝo. La skalo de ondolongoj estas laŭ la sistemo de internaciaj anstromoj; la limoj de la spektoregiono sur ĉiu paĝo estas indikitaj maldekstre supre kaj dekstre malsupre. Maldekstre sub ĉiu registraĵo troviĝas du nombroj: la supra donas la longon de 1 Å en mm kun precizo de 0.1 mm; la malsupra donas la laŭordan numeron de la plako, dum la literoj a, b kaj c indikas, kiu spektrografo (laŭ sinsekvo de kreskanta denso) sur tiu plako estas elektita por registrado^{*)}. Tiuj ĉi donitaĵoj ebligas priuigi, ĝis kiu grado sin kovrantaj partoj de diversaj registraĵoj estas sendependaj unu de la alia kaj interpreti eblajn diferencojn.

Malperfektaĵoj en la impresebla tavolo de la plako estas indikitaj per nigra punkto apud la registrita kurbo. Punkto sub la kurbo indikas ŝajnan absorbolinion pro gratafeto aŭ helia makuleto sur la plako. Metita super la kurbon, la punkto indikas, ke malhela makuleto aŭ polvero sur la plako kaŭzas falsan maksimumon de intenso. Nur tiuj eraretoj estas markitaj, kiuj estis rekoneblaj tiel en la spektrografo, kiel en la registraĵo. Sendube krome troviĝas ankoraŭ alioj eraretoj en la kurbo, kaŭzitaj de polveroj, kiuj malfirmante sidis sur la plako dum la registrado kaj poste foriĝis.

Speciala trajto de ĉi tiu Atlasso estas, ke la ordinato de la registrita kurbo estas rekte proporcionala al la radiointenso en la sunospektro; ĉi tio igas la kurbojn multe pli oportunaj por praktika uzado. La intenso en la kontinua spekto estas normigita je konstanta valoro. Por proksimumaj mezuradoj oni povas kalkuli 20 mm/A por la disperso kaj 100 mm por la maksimuma deklino, mezurante la ordinatojn eke de la skala nulo. Ekvivalenta larĝo de 1 Å tiukaze respondas al 2000 mm². La individuaj kurboj montras deviojn de ĉi tiuj normaj valoroj, kiuj povas sumiĝi ĝis 10%. Por pli preciza laboro oni uzu la disperson de la registraĵo konsiderata kaj la efektivan deklinton de la kontinua spekto, mezuritan de la skala nulo. Se oni deziras plej grandan precizon, oni mezuru intensojn eke de la registrita nulolinio kaj faru korektojn por la efiko de la individuaj faktomoj.

La kartaro estas metita en bindilon por apartaj folioj, anstataŭ bindita. La presado de unuopaj paĝoj liveris pli precizajn rezultojn, ol eblas ĉe presado de du paĝoj poe, kaj krome rezultas la avantaĝo de pli facile uzo de la planimetro. Reenkovriligante la kartaron post uzo: 1) zorge kolektu ĝin en la kovrilo, 2) kiel eble plej larĝe malfermu la bindilon, kaj 3) remetu la kovrilon kaj la kartaron kiel tuton en la bindilon, kaj lasu ĝin fermiĝi.

^{*)} Se la registraĵo estas derivita de du plakoj, la numeroj de ambaŭ plakoj estas donitaĵoj kaj krome la ondolongo de kuniĝo.

Rilate al sin kovrantaj spektropartoj ni rimarkigu, ke la plakoj 35 kaj 114 apartenas al la dua ordo, la plako 117 al la unua ordo, kaj plakoj kun numeroj super 400 al la Aldono.

En la preparo de ĉi tiu Atlaso la aŭtoroj kunlaboradis en multaj stadioj, tiel ke ĉies partopreno en la laborego estus apenaŭ precize determinebla. Tamen estas eble indiki en ĝeneralaj trajtoj, kiel la tasko estis dividita inter ili.

Gerard F. W. Mulders iniciatis ĉi tiun studon kaj faris la spektrografajn en la Mt. Wilson-Observatorio.

J. Houtgast ellaboris la aparaton por registrado de la intensoj kaj registradis la duaordajn spektrografajn de Mt. Wilson.

M. Minnaert prizorgis la ĝeneralan direktadon de la tuta entrepreno, inklude la publikigon. Krome li registris la unuaordajn spektrografajn de Mt. Wilson kaj la utrehtajn spektrografajn de la ultraviolo.

DANKESPRIMOJ

Pluraj sciencaj institucioj kunlaboradis en la preparo de ĉi tiu Atlaso, kiu ne povus esti farita per la modestaj rimedoj de la Astronomia Observatorio en Utrecht. La valoron de la Atlaso grande parte determinas la bonega kvalito de la spektrografaj faritaj en la Mt. Wilson-Observatorio. Gian belegan instrumentaron plej malavare kaj kompleze disponigis al ni la direktoro, D-ro Walter S. Adams, al kiu ni ŝuldas grandan dankon pro tio. Specialan dankon ni ankaŭ esprimas al D-ro Seth B. Nicholson pro lia valora helpo.

Krome ni estas tre dankaj al D-ro L. S. Ornstein, direktoro de la Fizika Laboratorio en Utrecht, pro lia permeso registri la spektrografajn per la mikrofotometro laŭ Moll, apartenanta al ĉi tiu institucio. Pro la multokupiteco de ĉi tiu instrumento, nia laborego devis okazi nokte, kio ne prezantis malhelpon, sed, kontraŭe, havis multajn avantaĝojn. Al D-ro J. M. W. Milatz, asistanto ĉe la Fizika Laboratorio en Utrecht, ni dankas pro lia helpo ĉe la farado kaj kalibrado de la ŝtuparabsorbilo. La ultraviolan spektron, prezentiitan en la aldono, fotografis s-ro J. H. Bannier en Utrecht. Ni ŝuldas dankon al s-ino Elizabeth Sternberg—Mulders pro ŝia zorga revizio de la angla teksto kaj al s-ro W. P. Roelofs pro la traduko en Esperanton. F-ino M. E. van Ravenswaay donis valoran helpon ĉe la prespretigo de la registroj.

Financa helpo estis necesa por ebligi al s-ro Mulders laboradi dum sufiĉe longa tempo en Pasadena kaj por doni okazon al s-ro Houtgast ellabori la aparaton por registrado de intensoj kaj plenumi multajn registradojn. Krome la publikigo de la verko postulis konsiderindan sumon. La pli grandan parton ni ricevis el la **Pieter Langerhuizen Lambertuszoen-Fonds**. Ĉi tiun subvencion donis al ni la **Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem** ĝi estis decida pri la efektivigeblo de nia plano. Cetere ni dankas jenajn societojn kaj personojn pro financa kontribuo; ilia fido signifis valoran moralan kuraĝigon:

Bataafsch Genootschap der proefondervindelike wijsbegeerte, te Rotterdam
Maatschappij Diligentia, 's-Gravenhage
Dr. van Gils-Fonds, Nijmegen
Katholieke Radio-Omroep, Amsterdam
Ir. J. E. F. de Kok, 's-Gravenhage
Prof. Dr. D. J. Korteweg, Amsterdam
Mr. H. A. E. Modderman, Amsterdam
Nederlandsch-Amerikaaansche Fundatie
Sterrenkundig Studie-fonds „Kapteyn”, Groningen

Vereeniging „Het Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres“
Vereeniging tot het bevorderen van de beoefening der wetenschap onder de Katholieken in Nederland
Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen
International Astronomical Union
Utrechtsch Universiteitsfonds
Stichting tot Verruiming van Werkgelegenheid voor Academisch Gevormden.

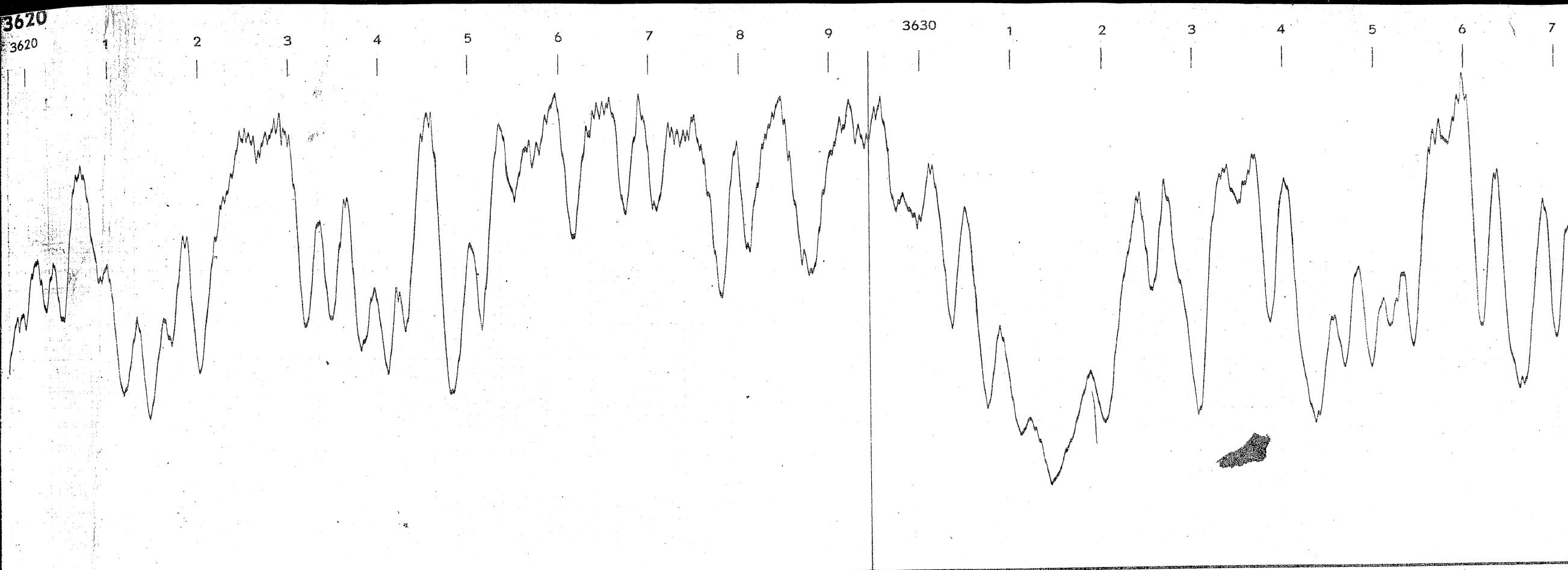
Estus apenaŭ eble mencii ĉiujn kolegojn kaj amikojn, kiuj kuraĝigis nin per siaj interesigoj kaj konsilioj. Ni tamen devas fari escepton por nia amiko, D-ro J. van der Bilt, al kies iniciatemo kaj entuziasmo ni ŝuldas la unuan aktivan subtenon de nia projekto.

REFERENCOJ

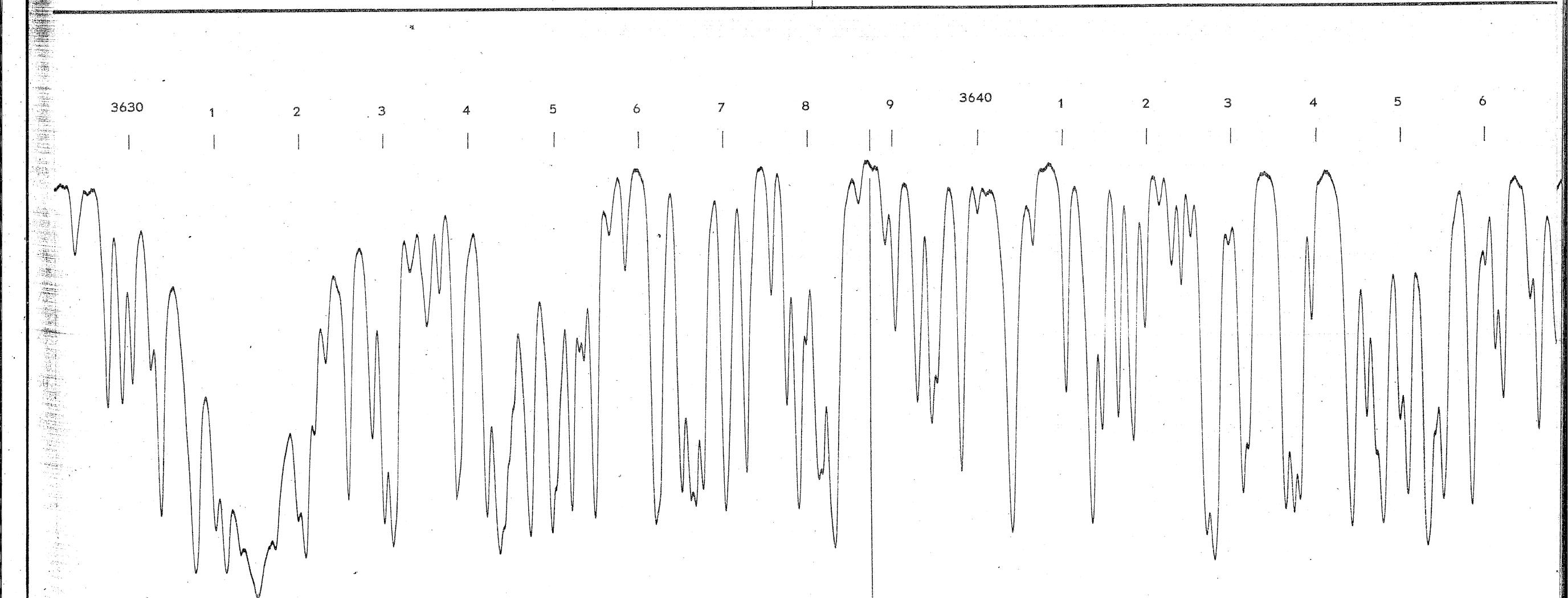
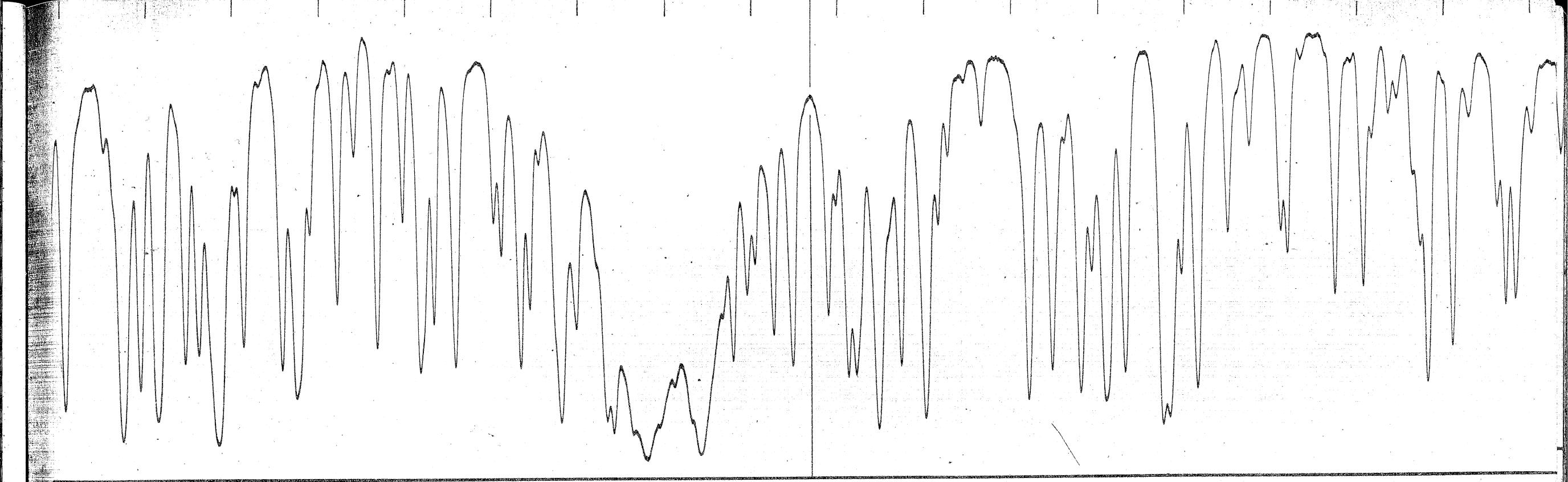
1. George E. Hale and Seth B. Nicholson, "Magnetic Observations of Sunspots 1917--1924", Carnegie Institution of Washington Publication, No. 498, Part I, 9—14, 1938.
2. P. H. van Cittert, Zs. f. Ph., **65**, 547, 1930; **69**, 298, 1931.
3. Frank E. Ross, Ap. J., **74**, 88, 1931.
4. M. Minnaert, Versl. Akad. Amsterdam, **30**, 257, 1922.
5. M. Minnaert, Zs. f. Ph., **45**, 611, 1927.
6. W. H. Julius, B. A. N., **1**, 119, 1922; Hemel en Dampkring, **21**, 57, 1923.
7. M. Minnaert and J. Houtgast, Zs. f. Ap., **15**, 354, 1937.
8. A. Arnulf, D. Chalonge, G. Déjardin, C. R., **210**, 325, 1940.
9. C. W. Allen, Mt. Wilson Contr., No. 566; Ap. J., **85**, 156, 1937.
10. P. ten Bruggencate, J. Houtgast, und H. von Klüber, Pub. Ap. Obs. Potsdam, **29**, Nr. 96, 1939.
11. J. Houtgast, Zs. f. Ap., **16**, 49, 1938.

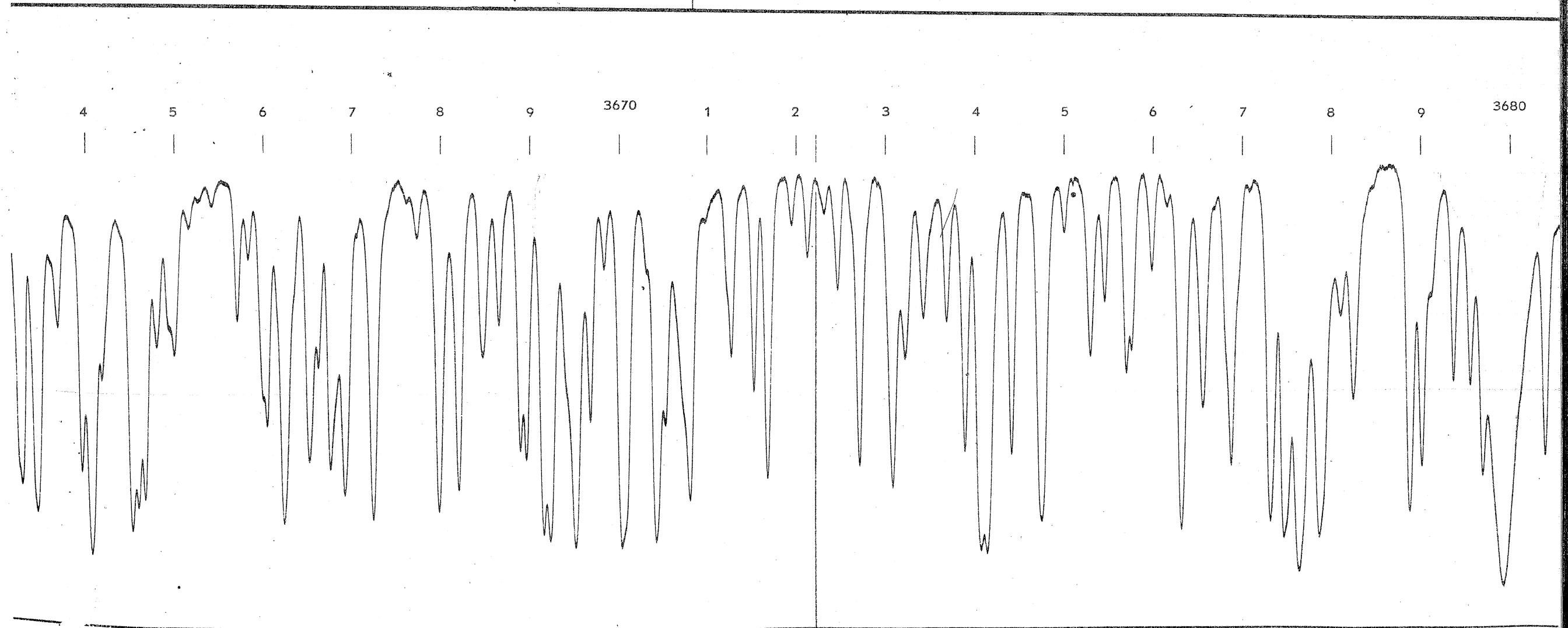
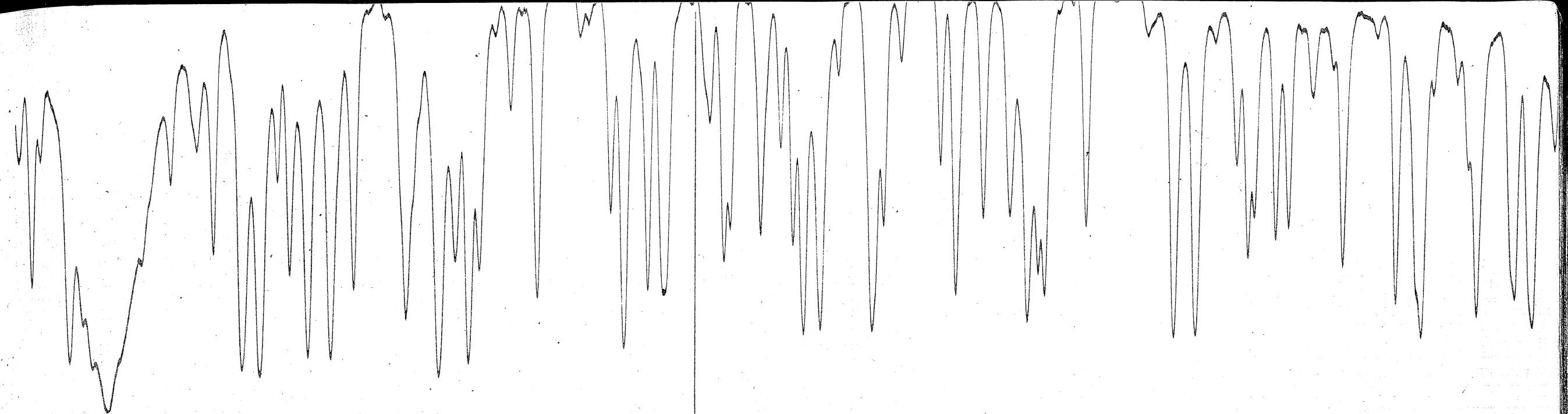
3620

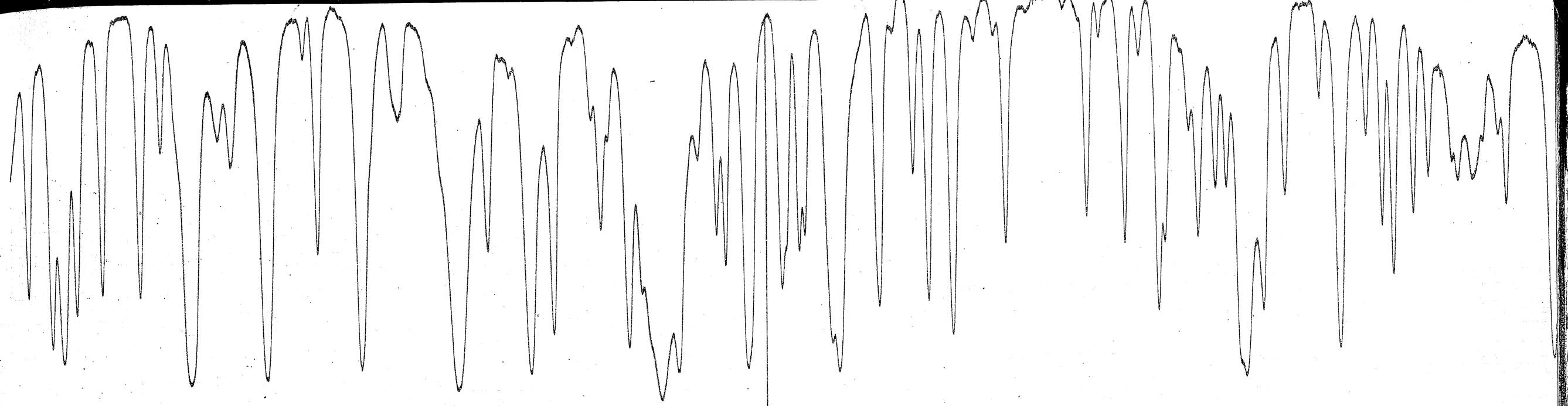
3620



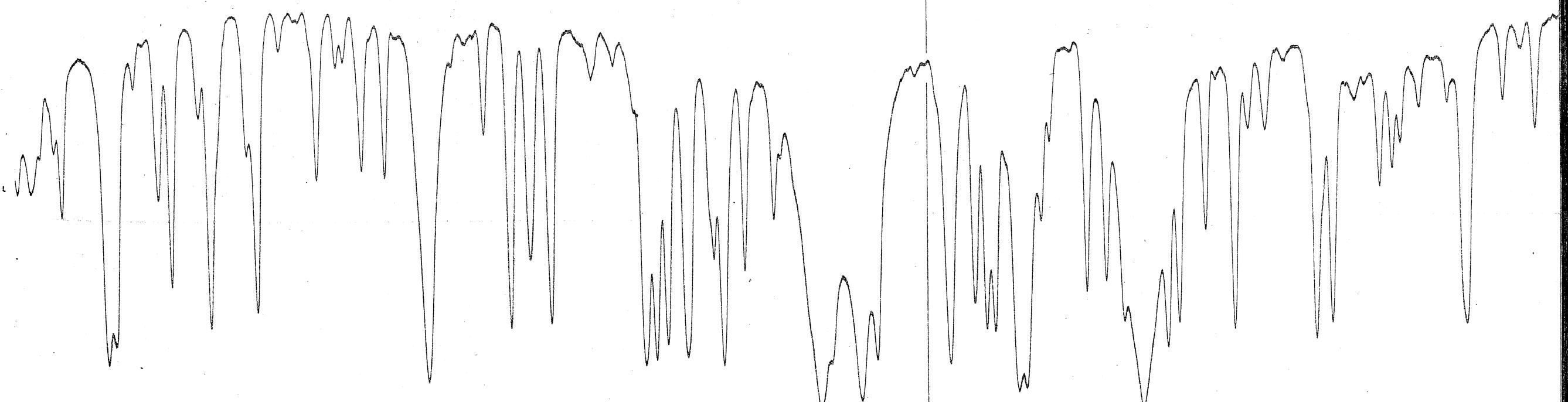
3637

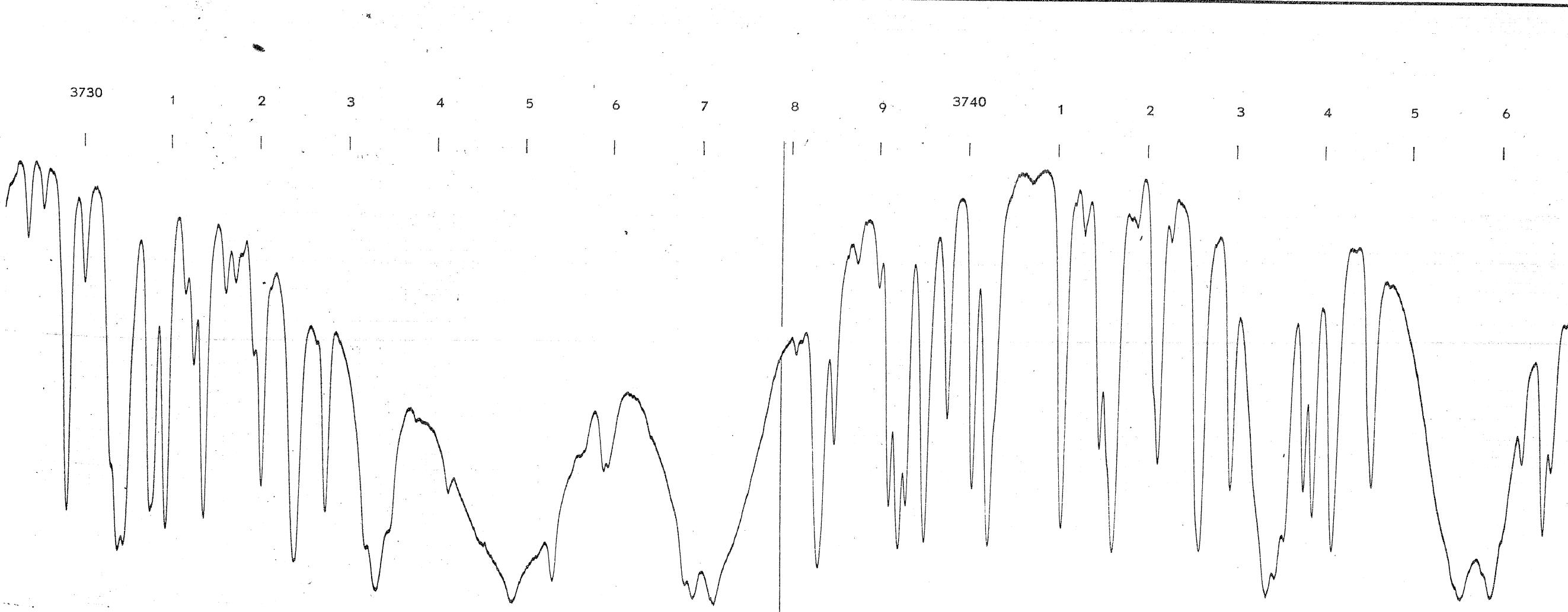
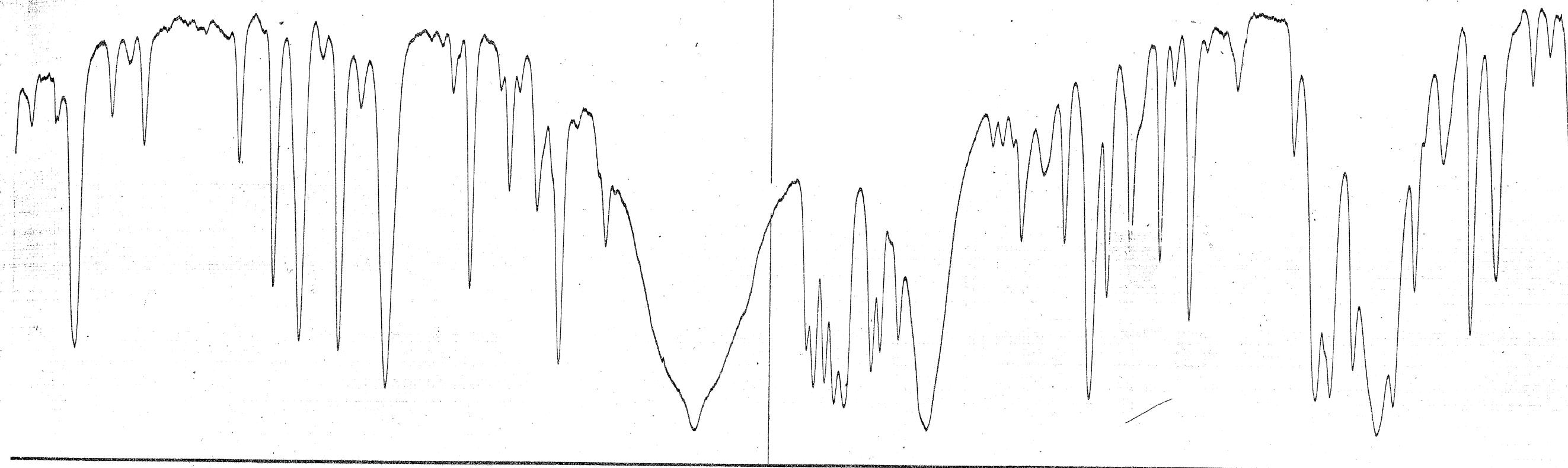


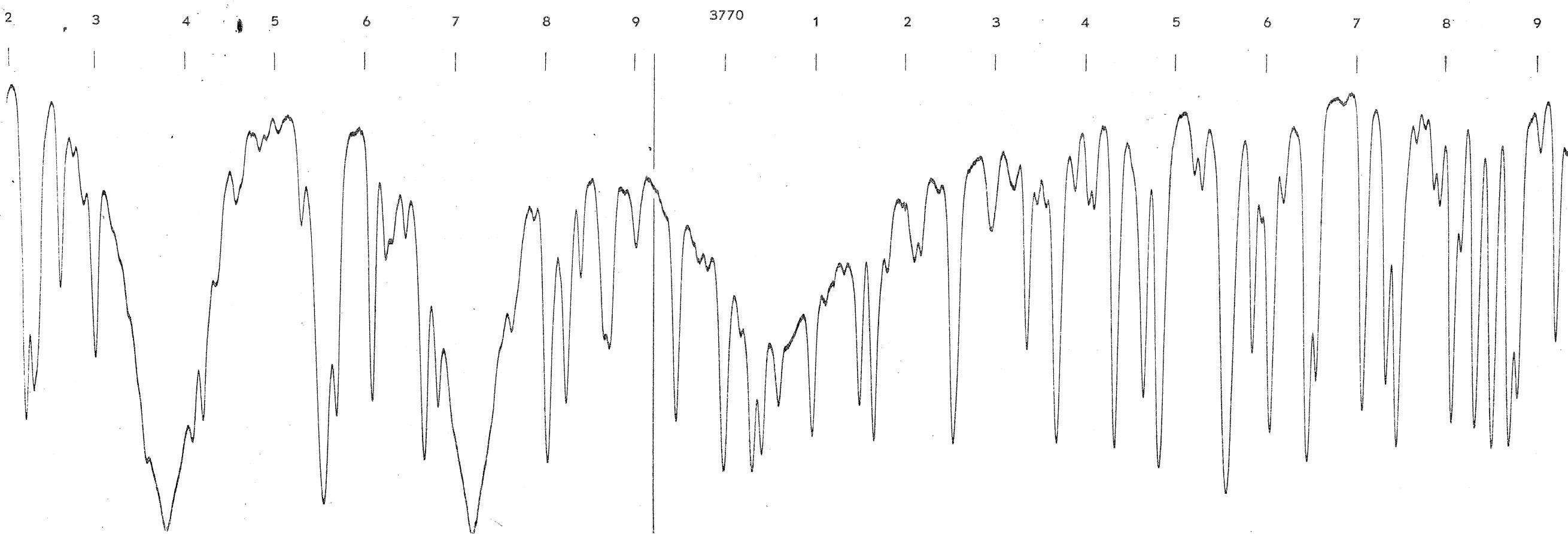
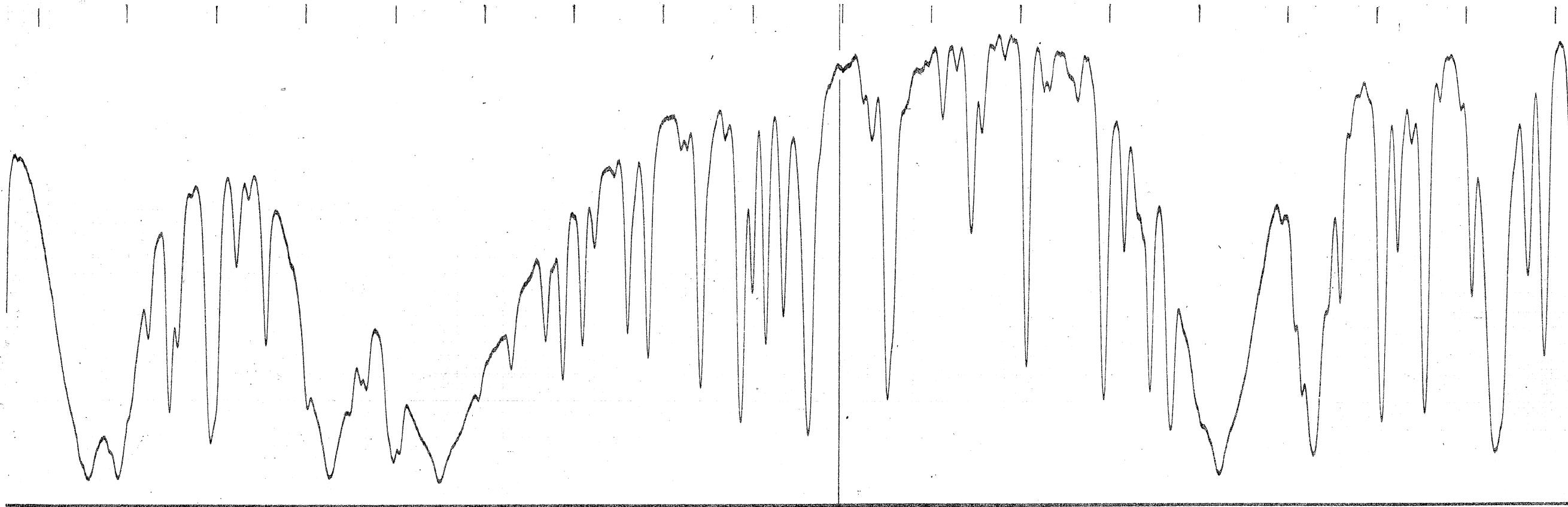


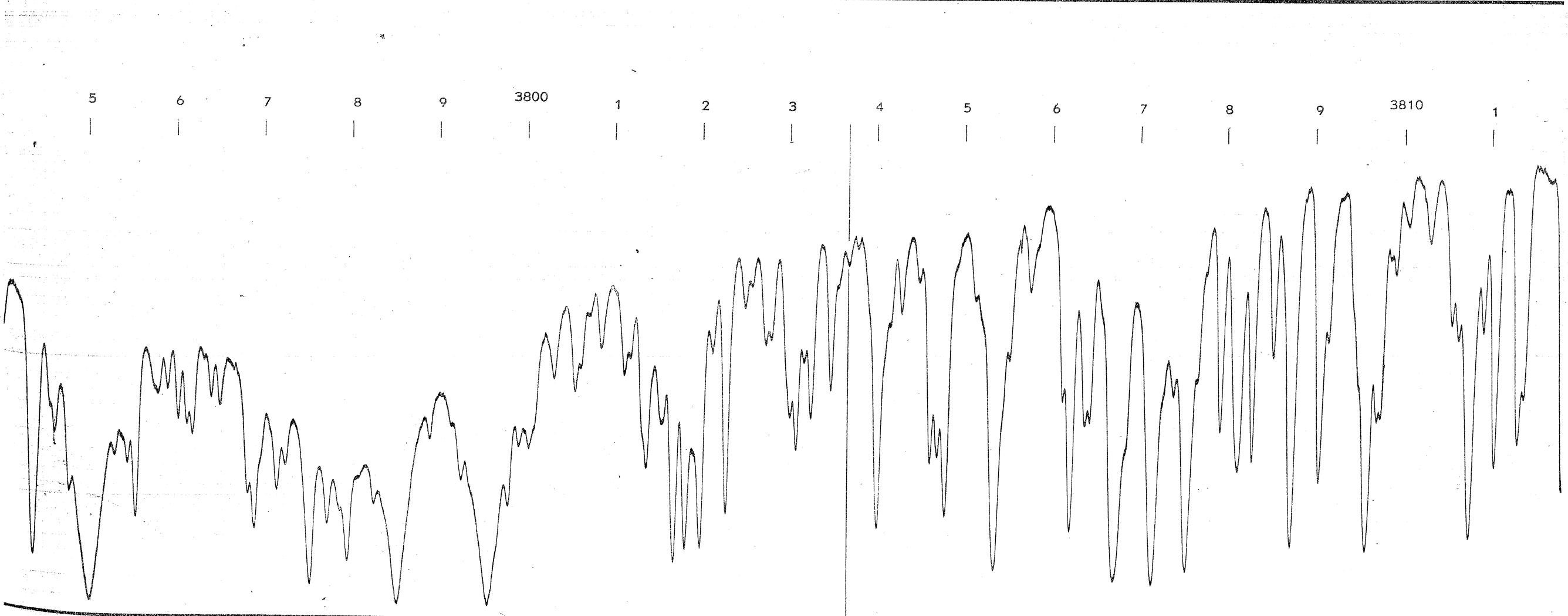
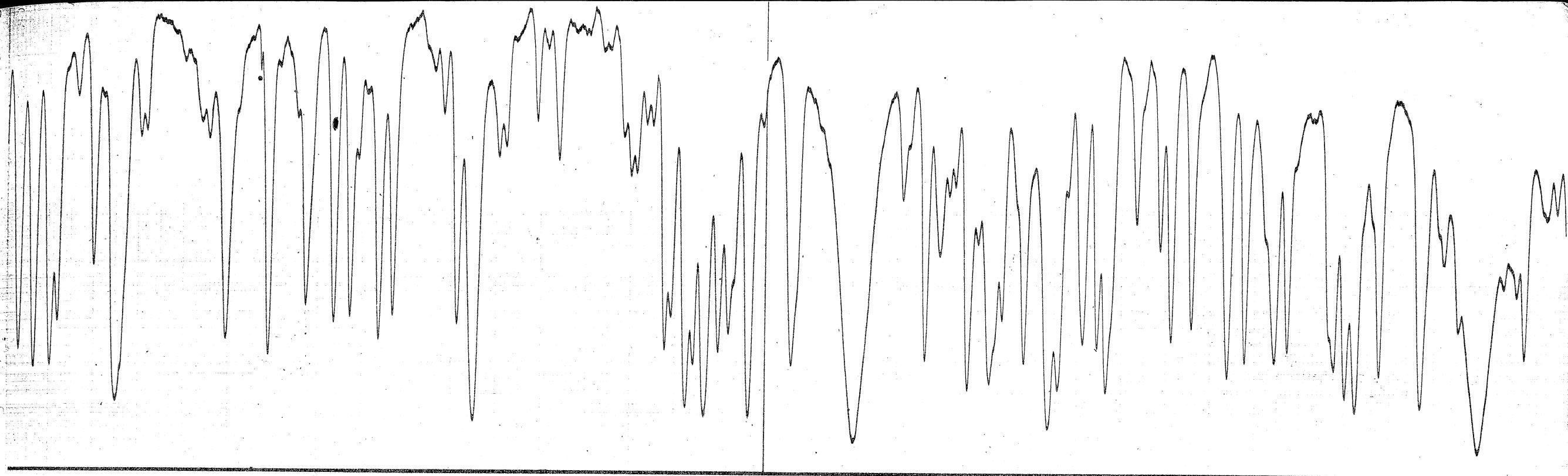


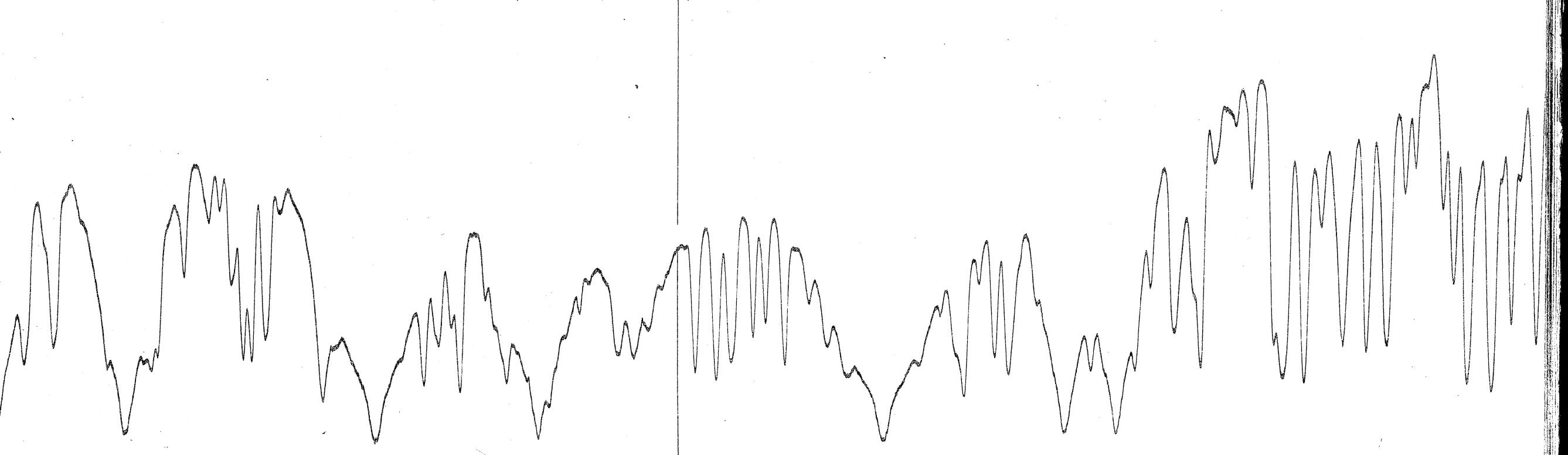
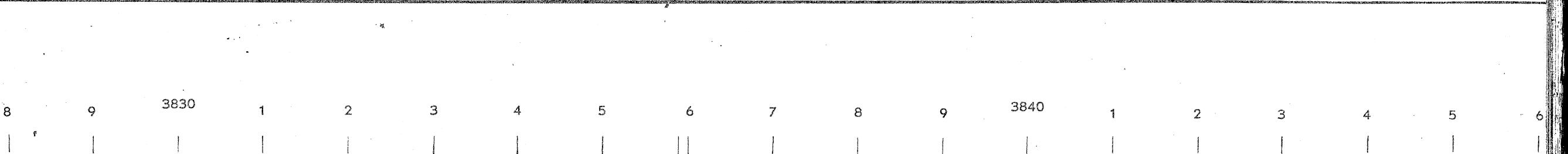
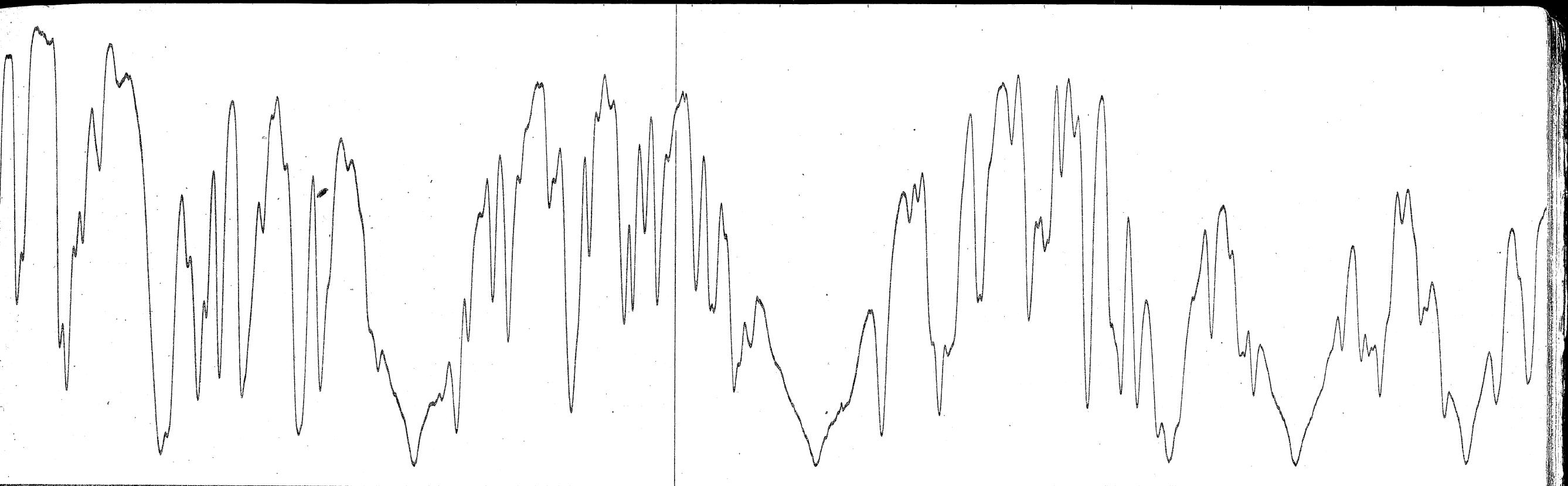
7 8 9 3700 1 2 3 4 5 6 7 8 9 3710 1 2 3 4

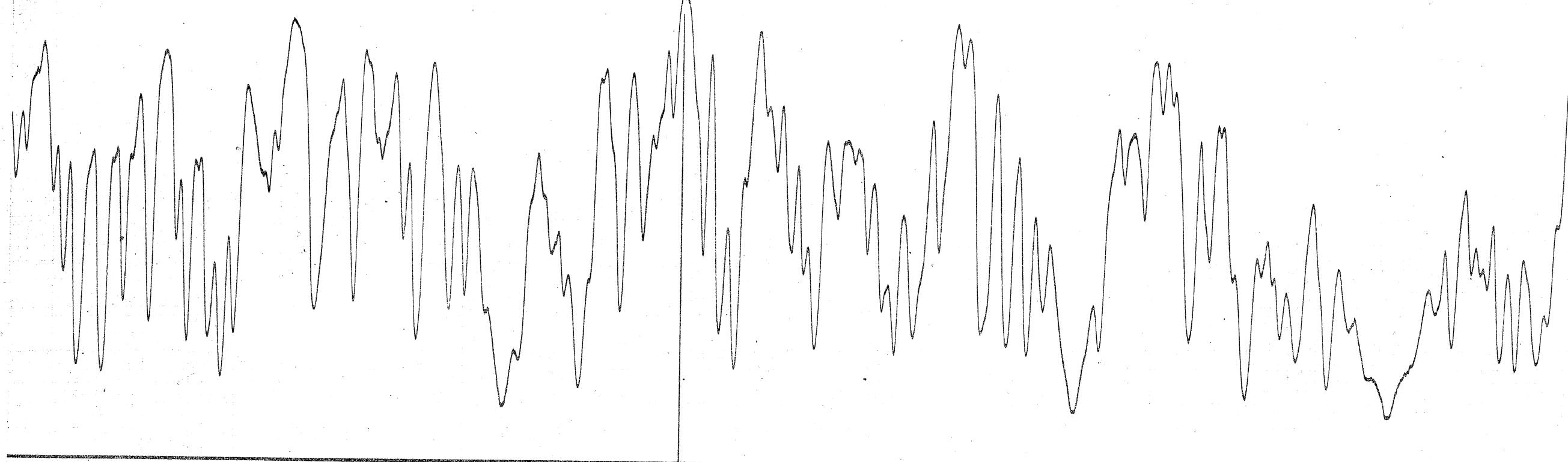












3860

1

2

3

4

5

6

7

8

9

3870

1

2

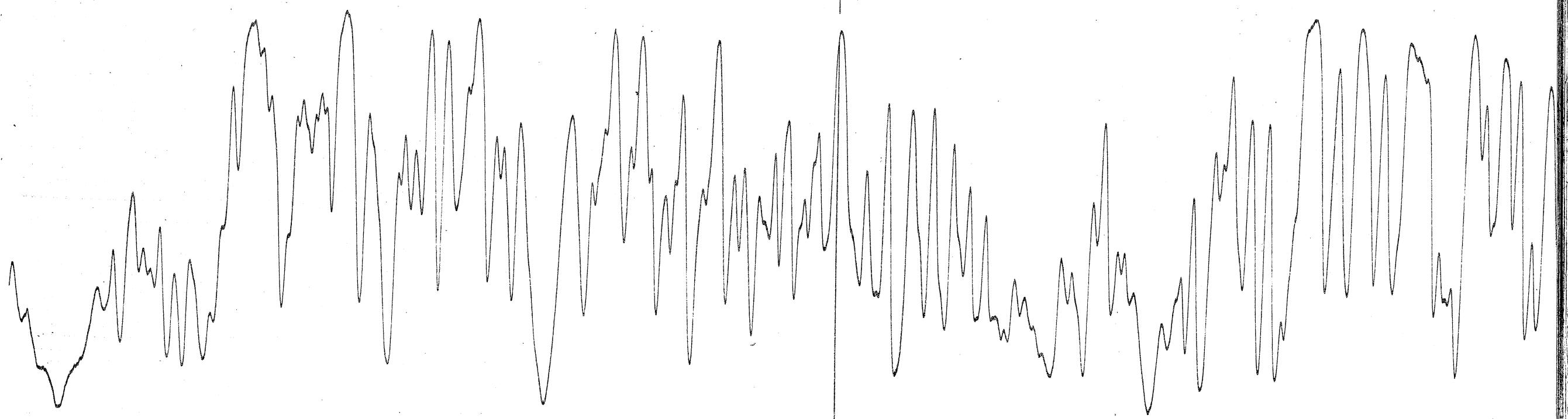
3

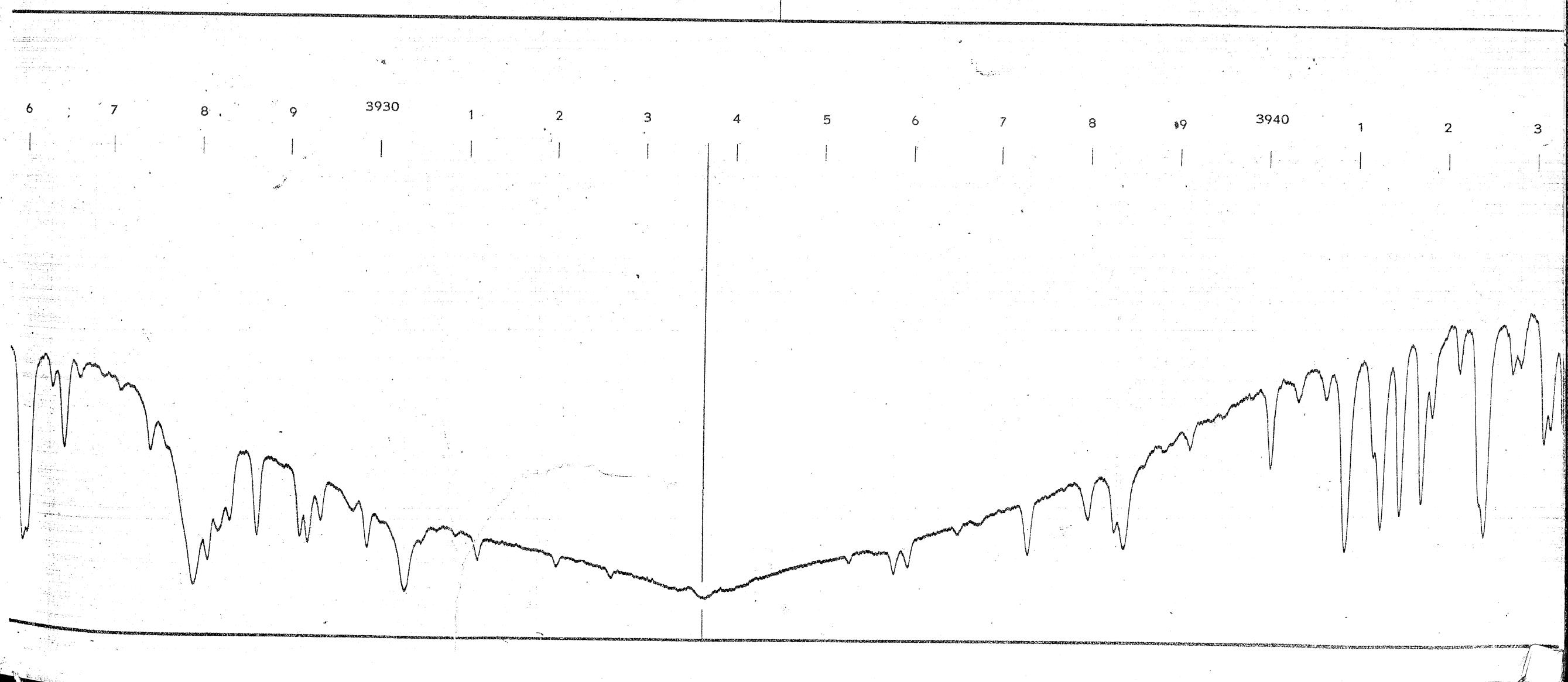
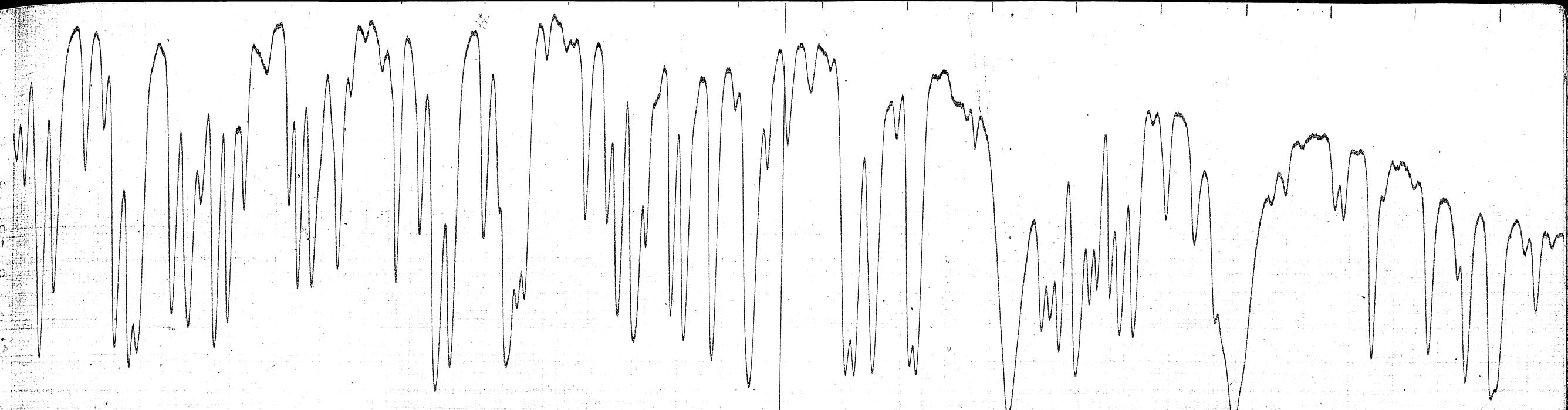
4

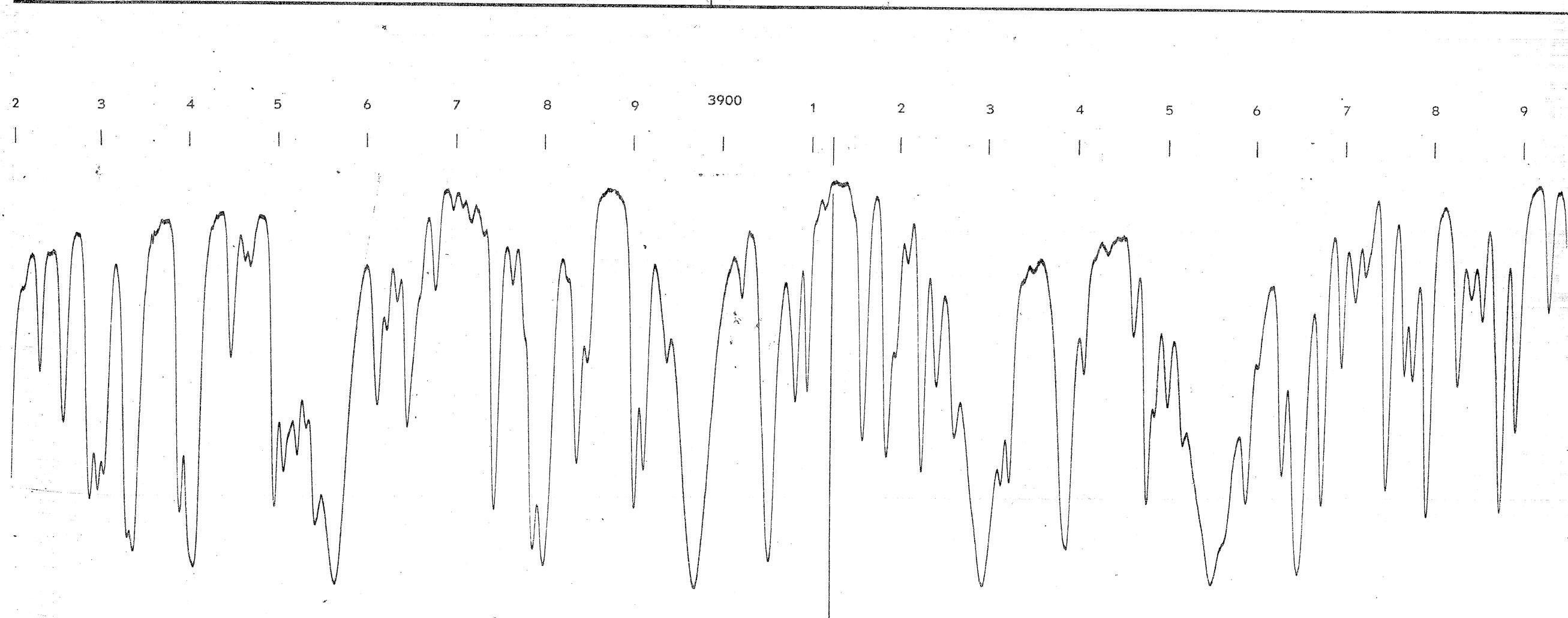
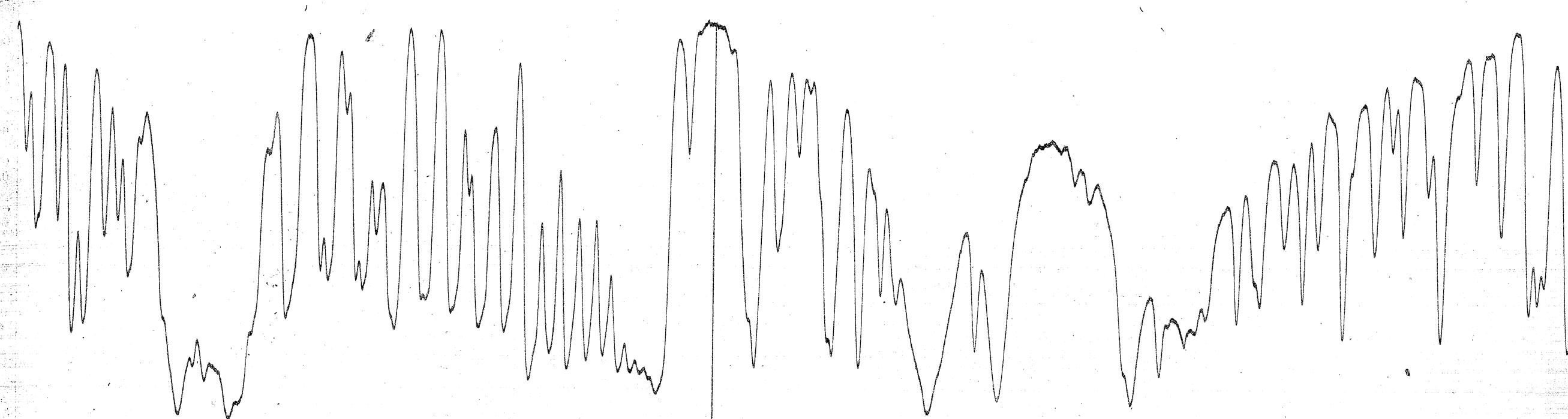
5

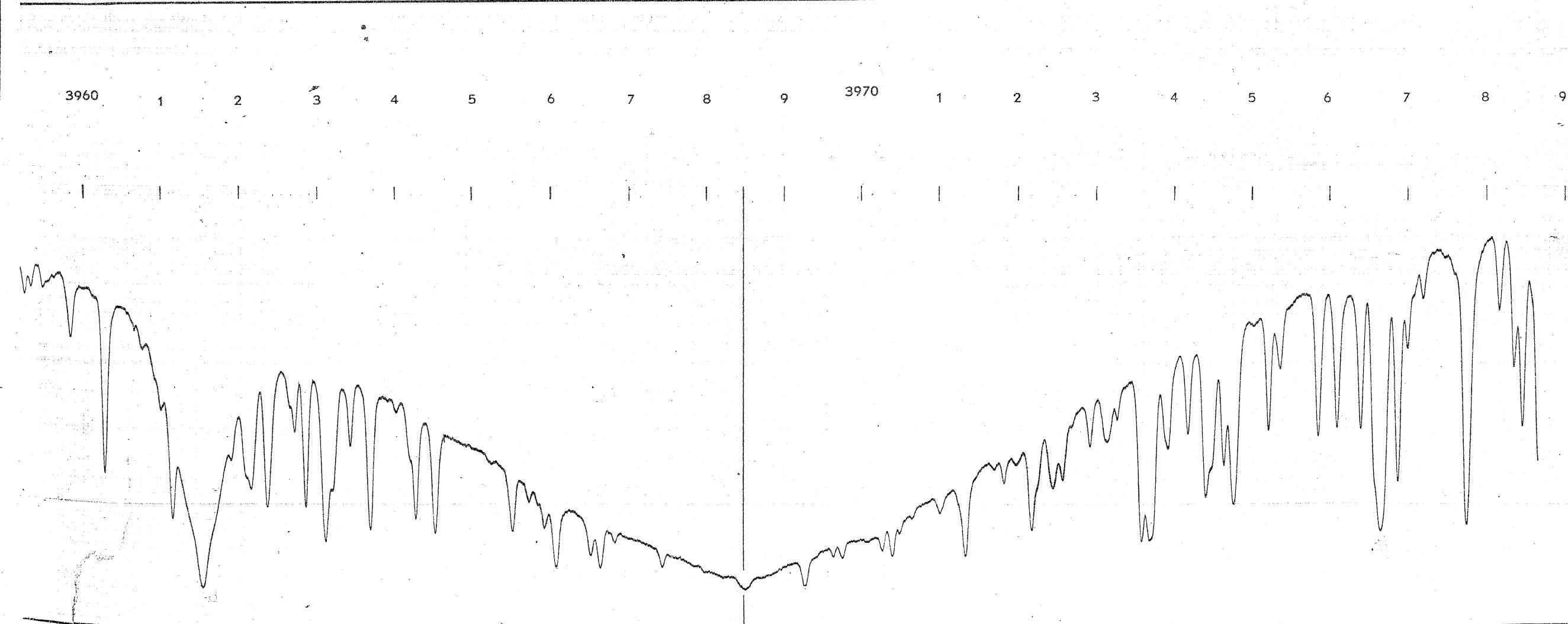
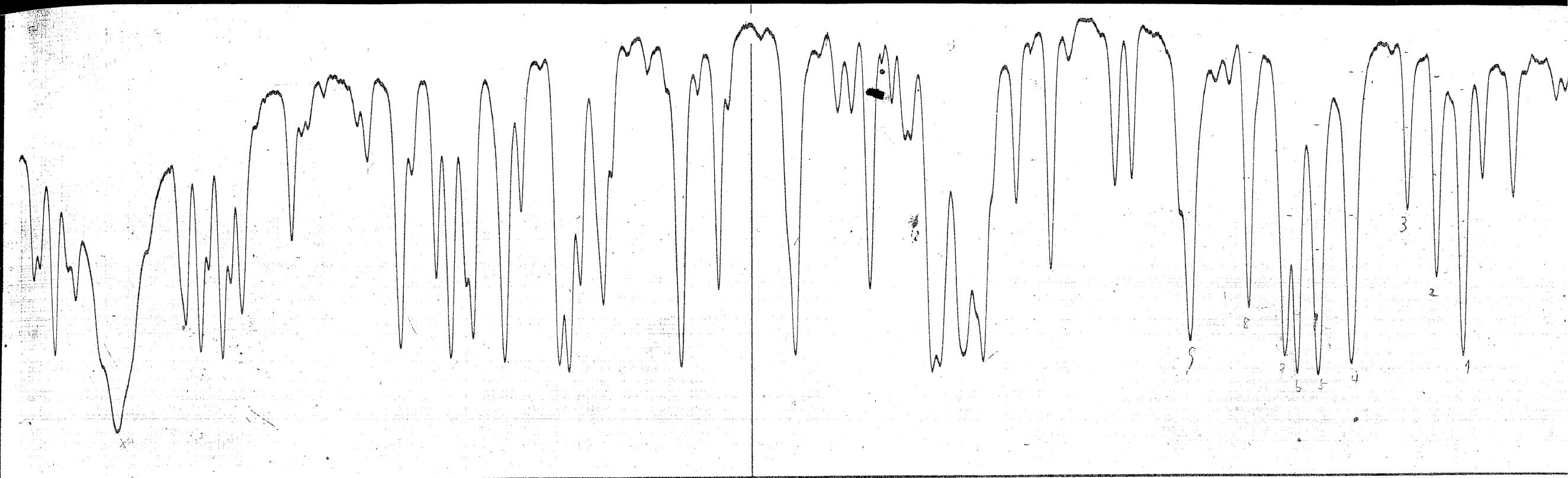
6

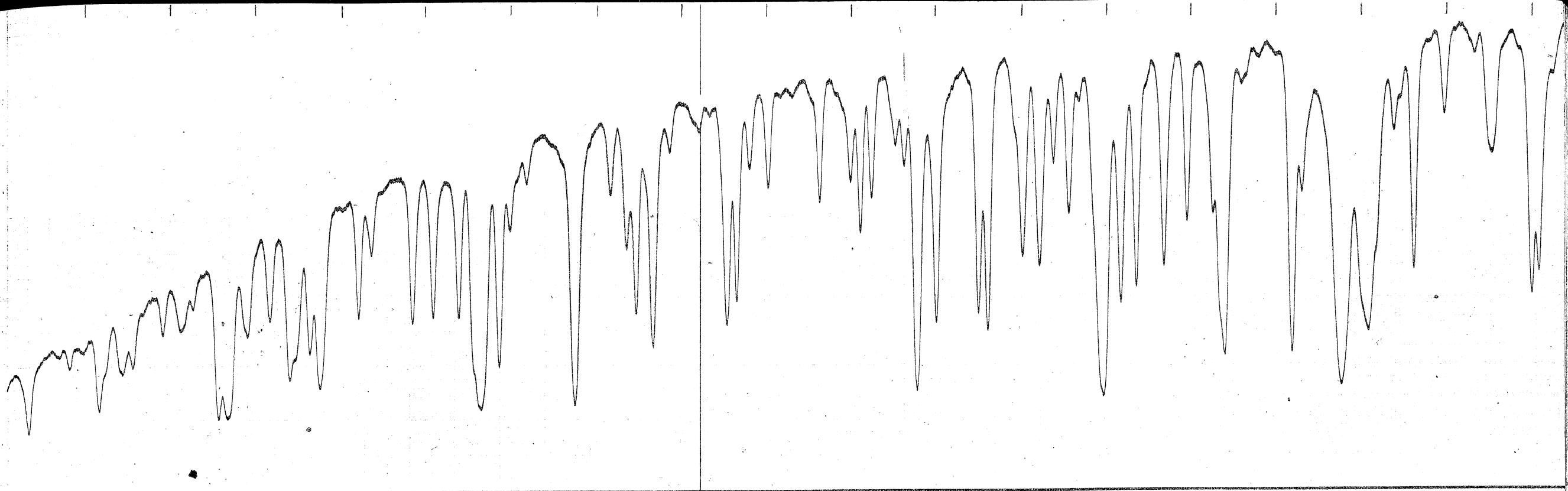
7



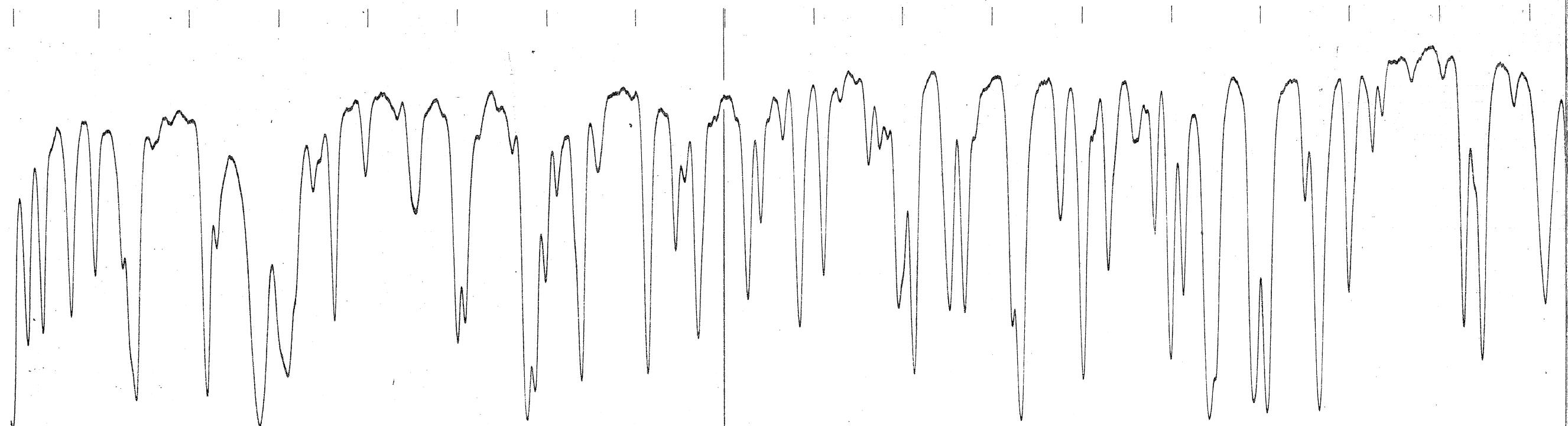


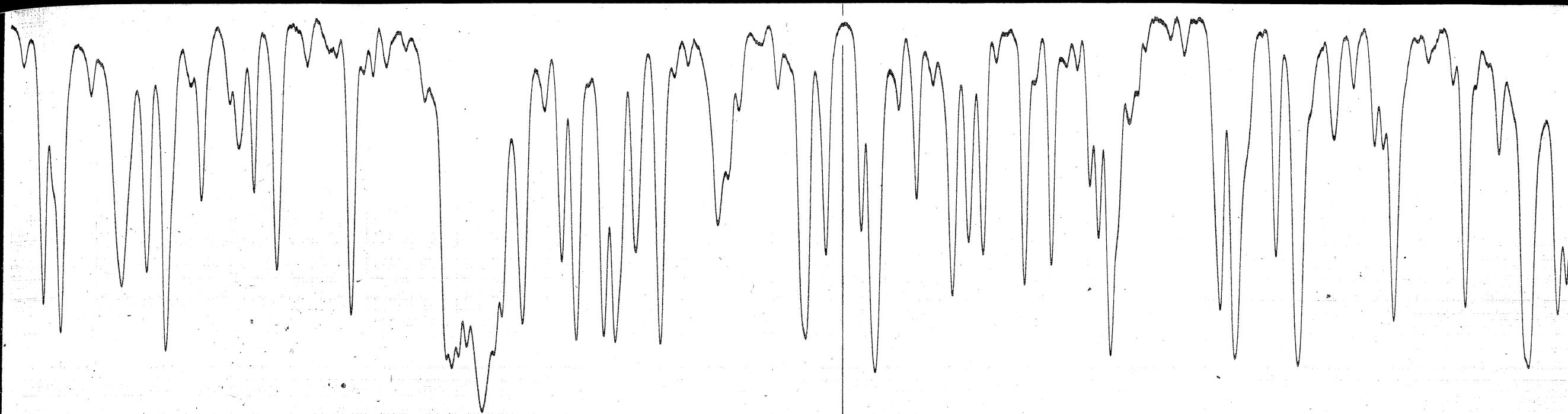






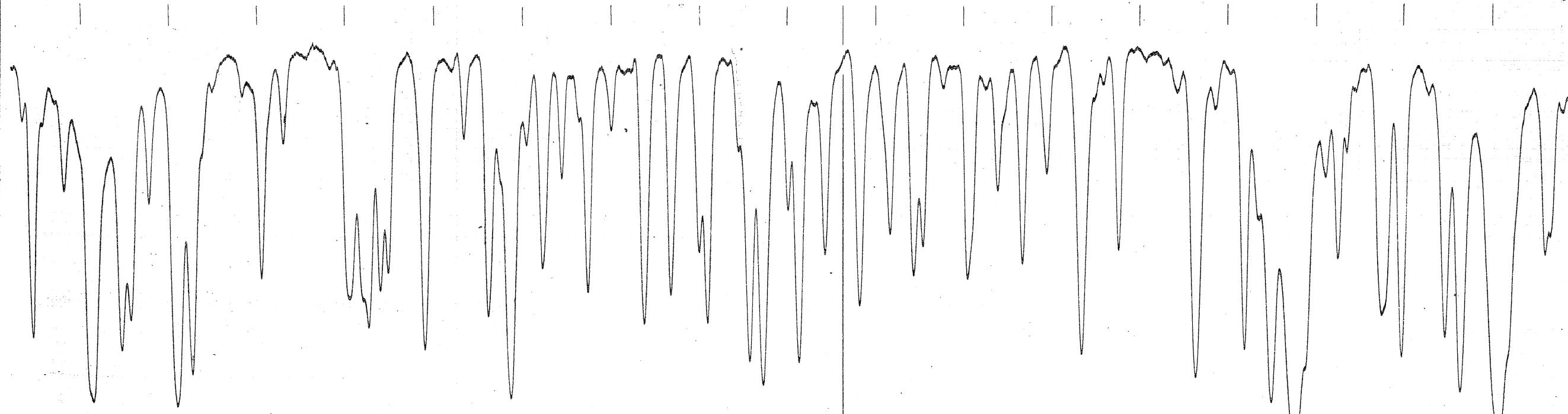
4 5 6 7 8 9 3990 1 2 3 4 5 6 7 8 9 4000 1

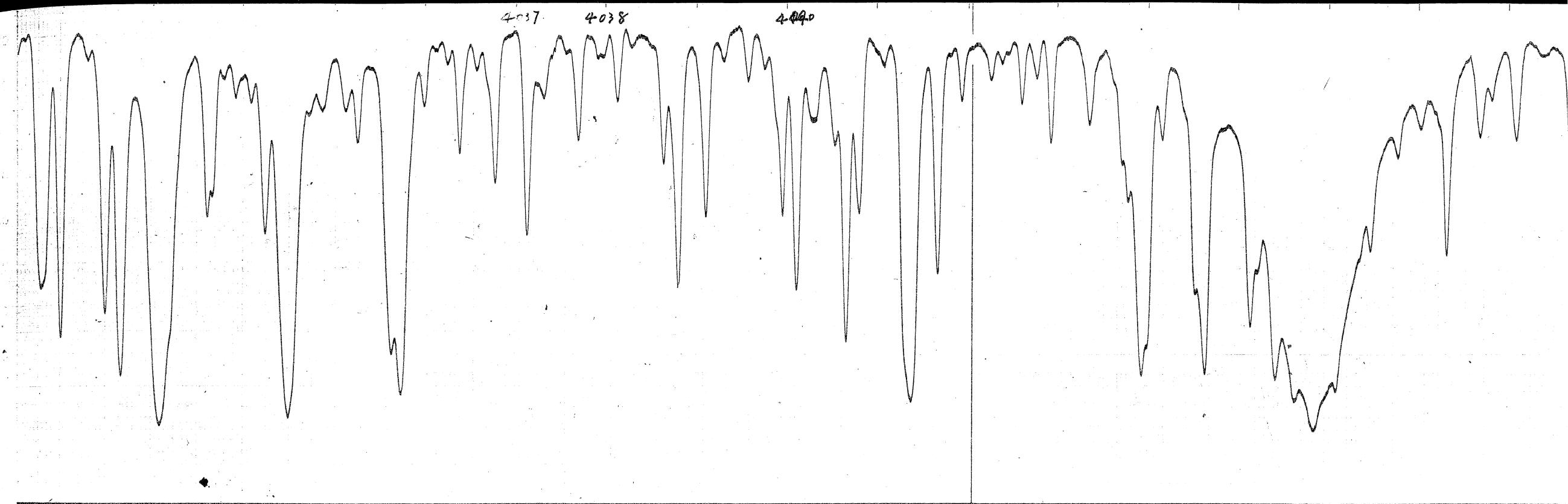




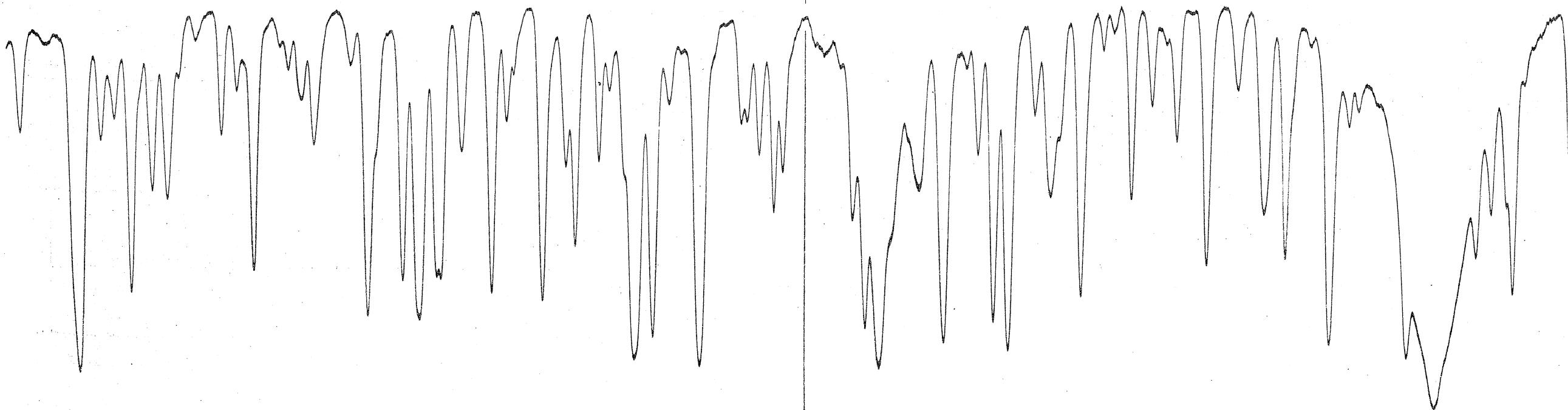
4020

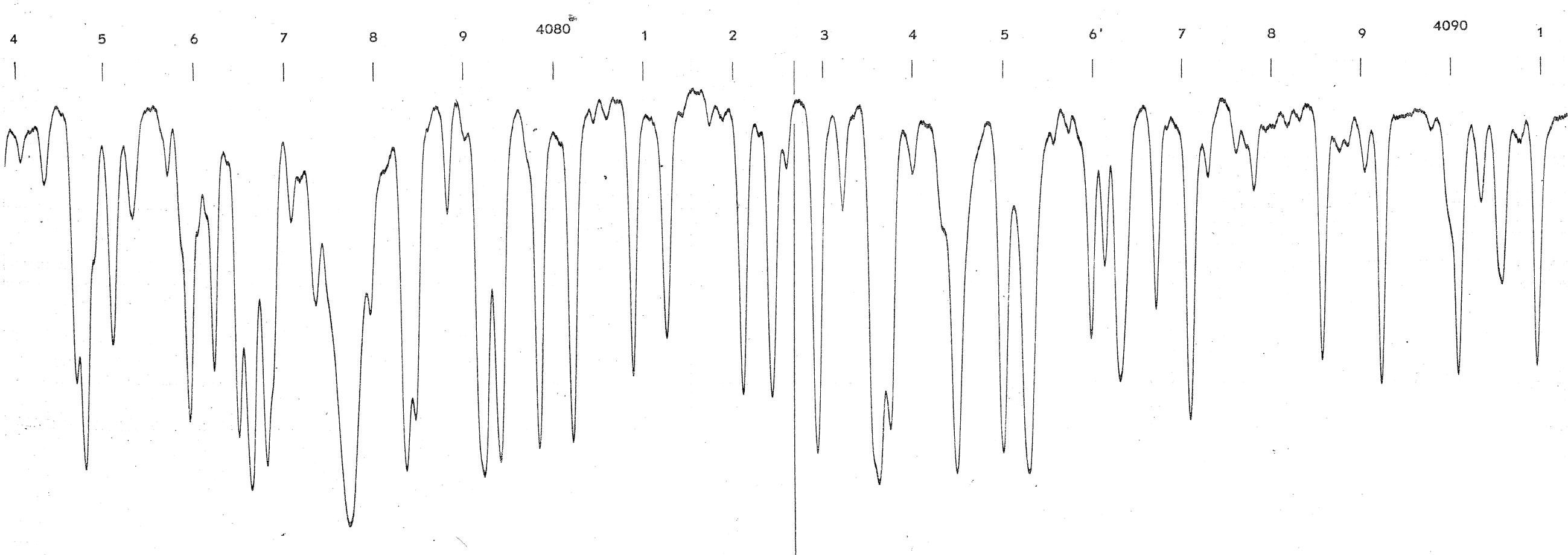
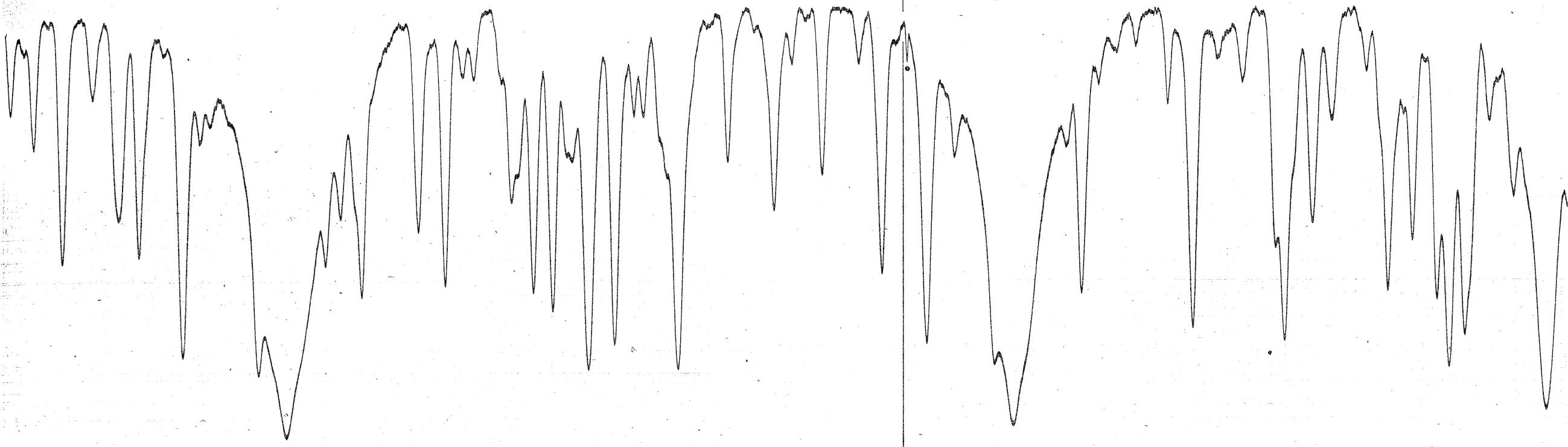
7 8 9 4020 1 2 3 4 5 6 7 8 9 4030 1 2 3

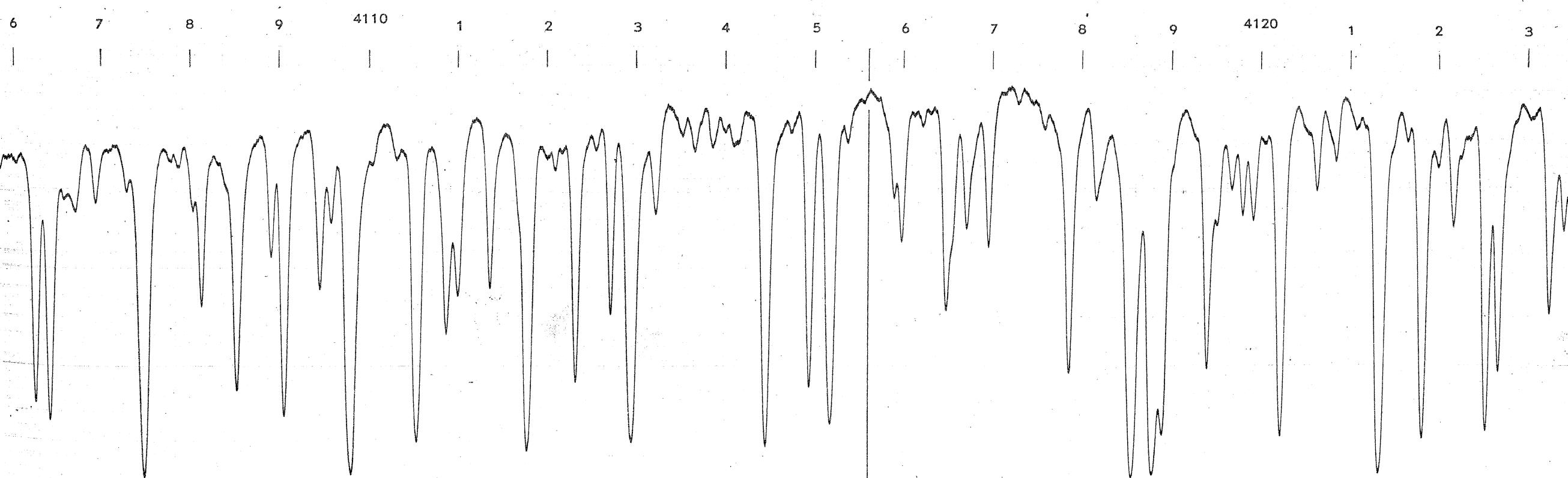
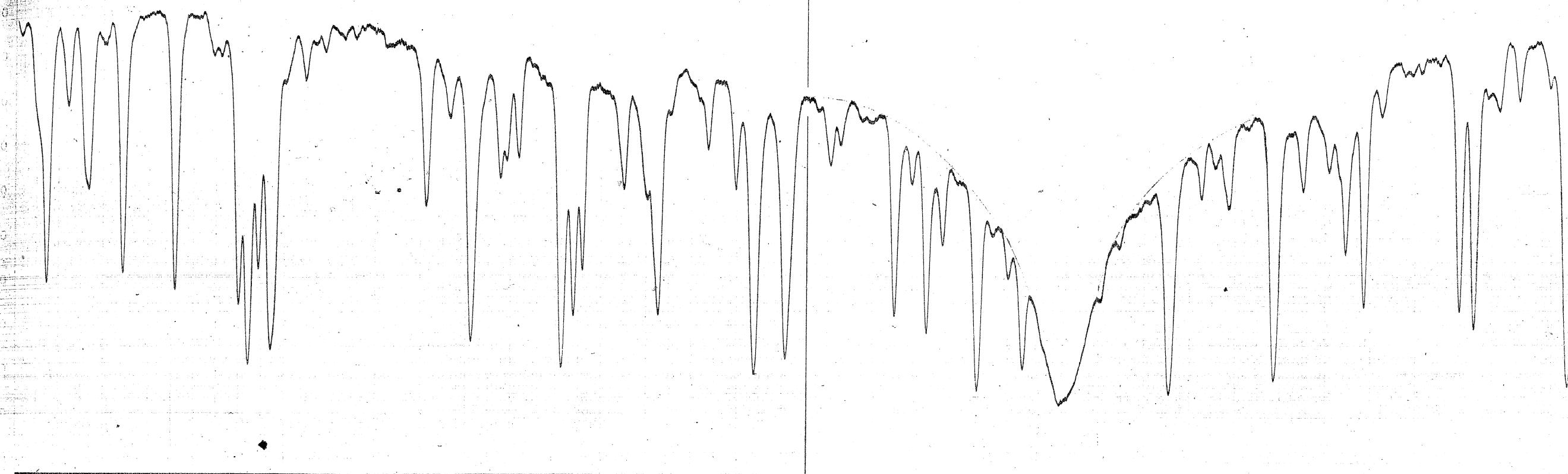


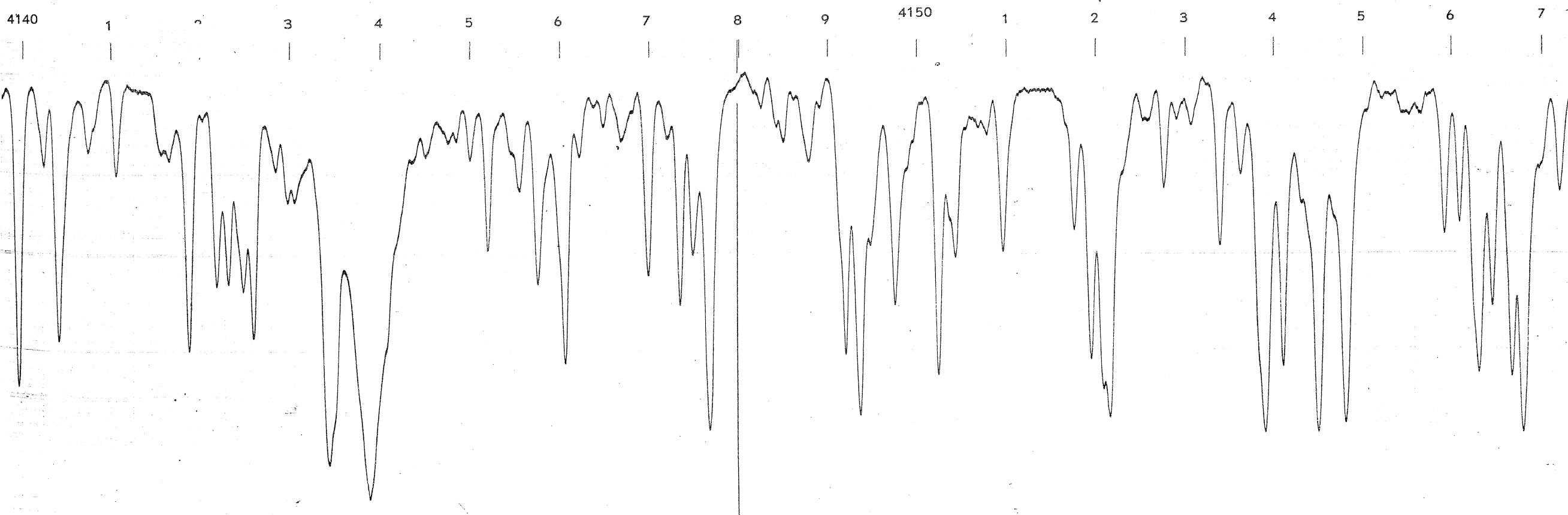
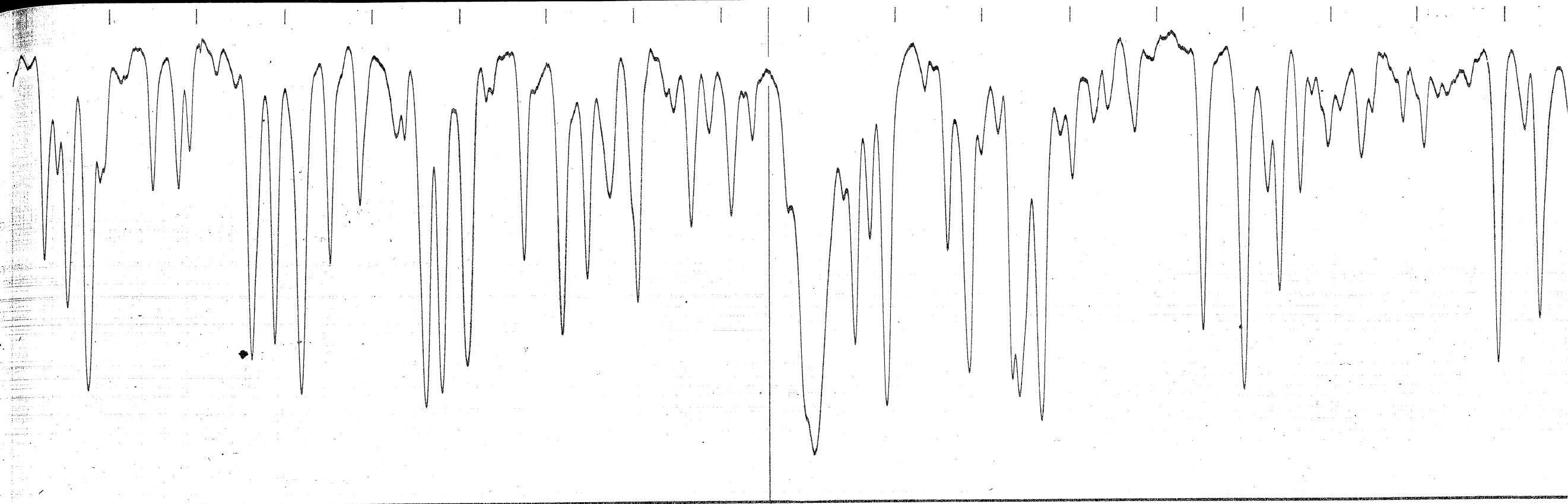


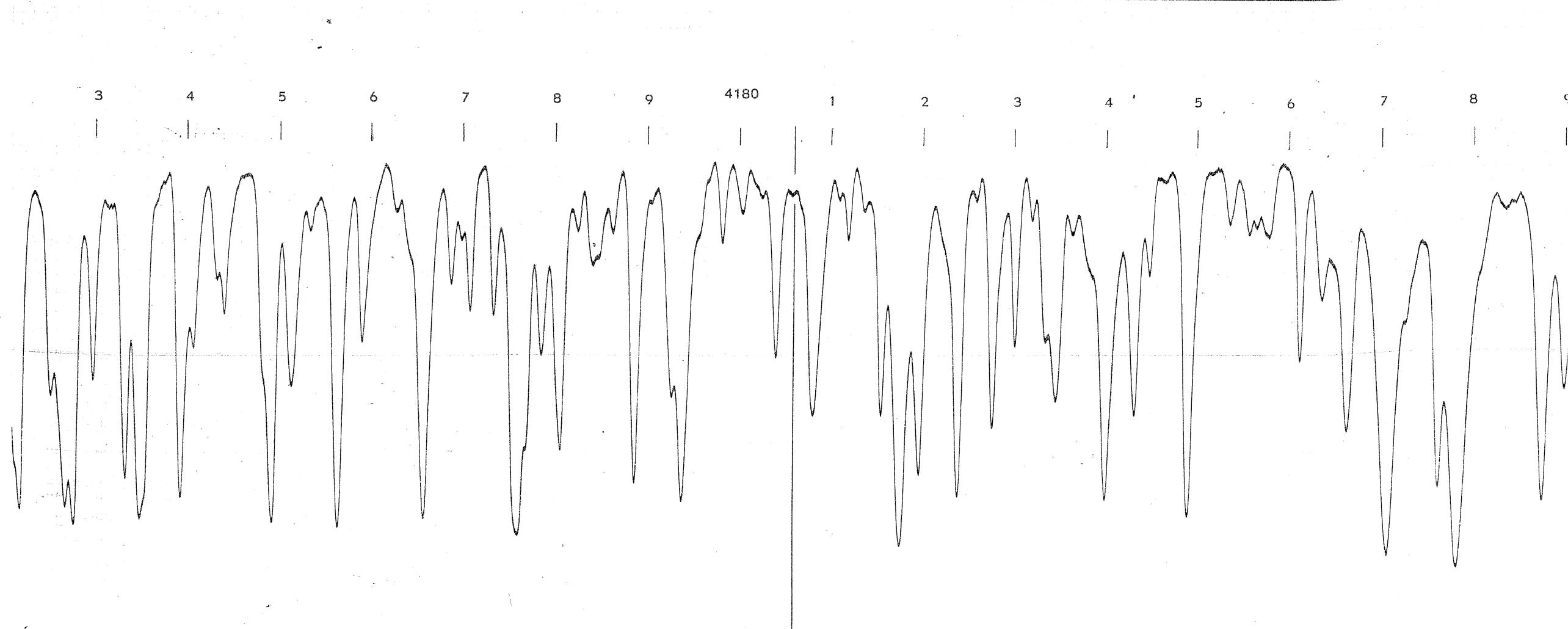
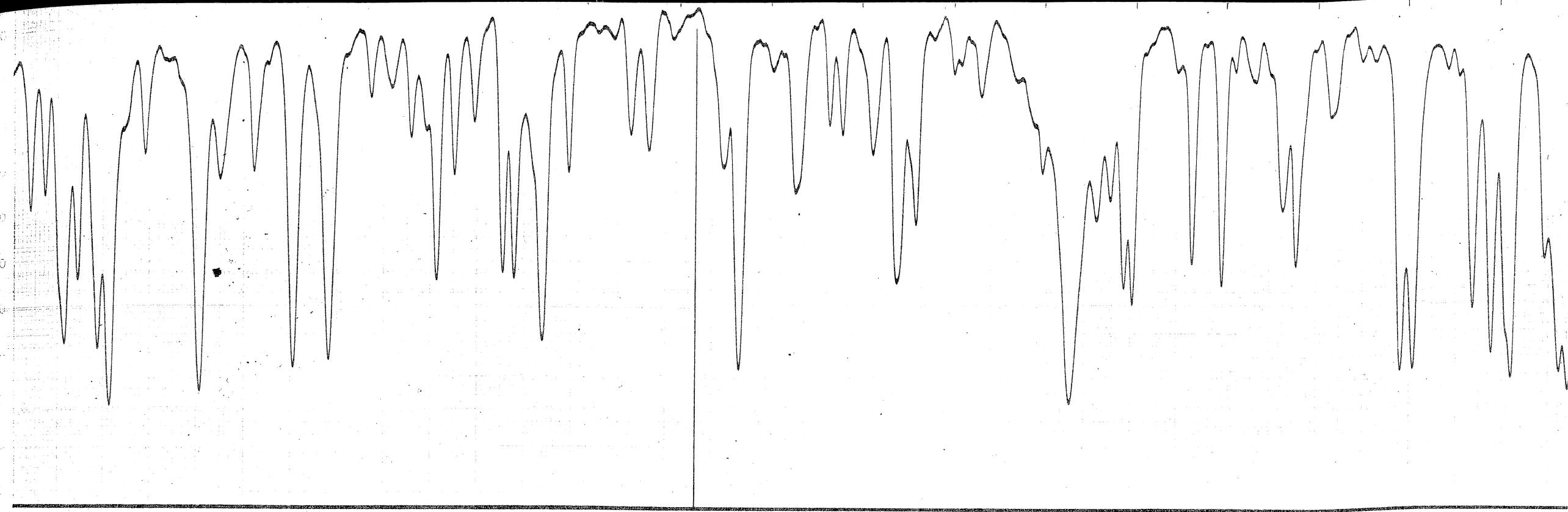
8 9 4050 1 2 3 4 5 6 7 8 9 4060 1 2 3 4 5

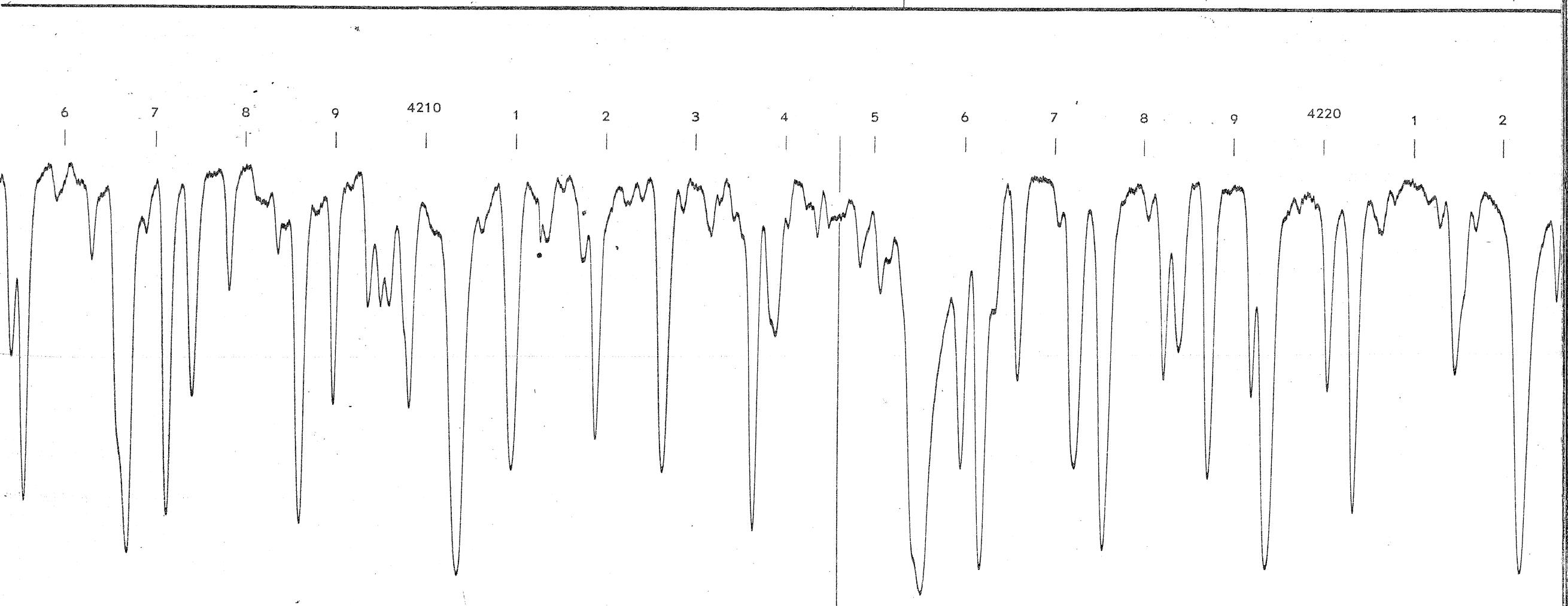
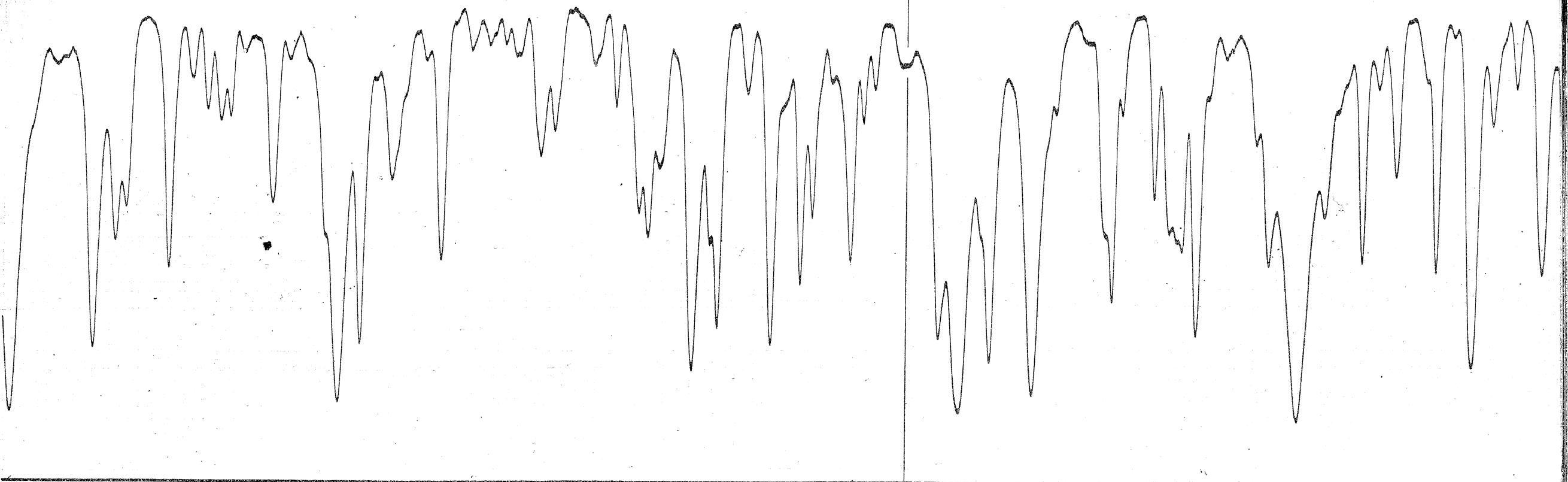


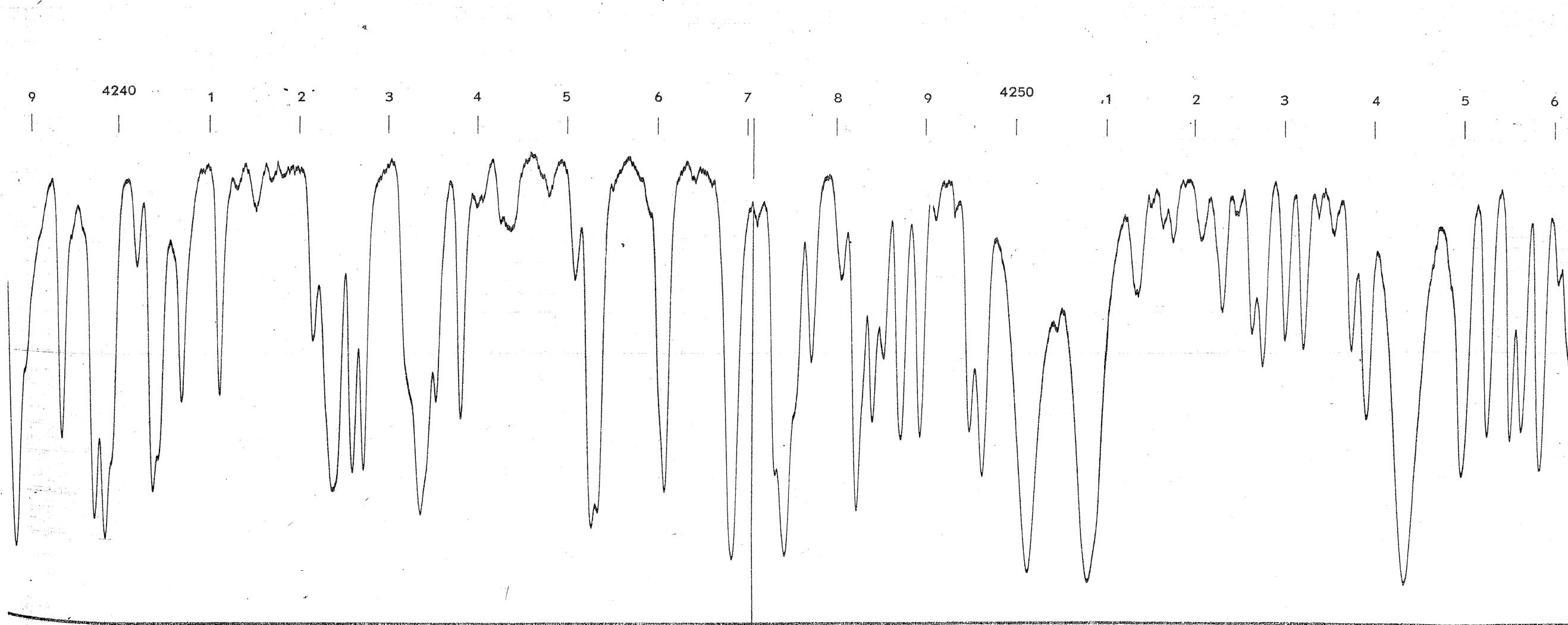
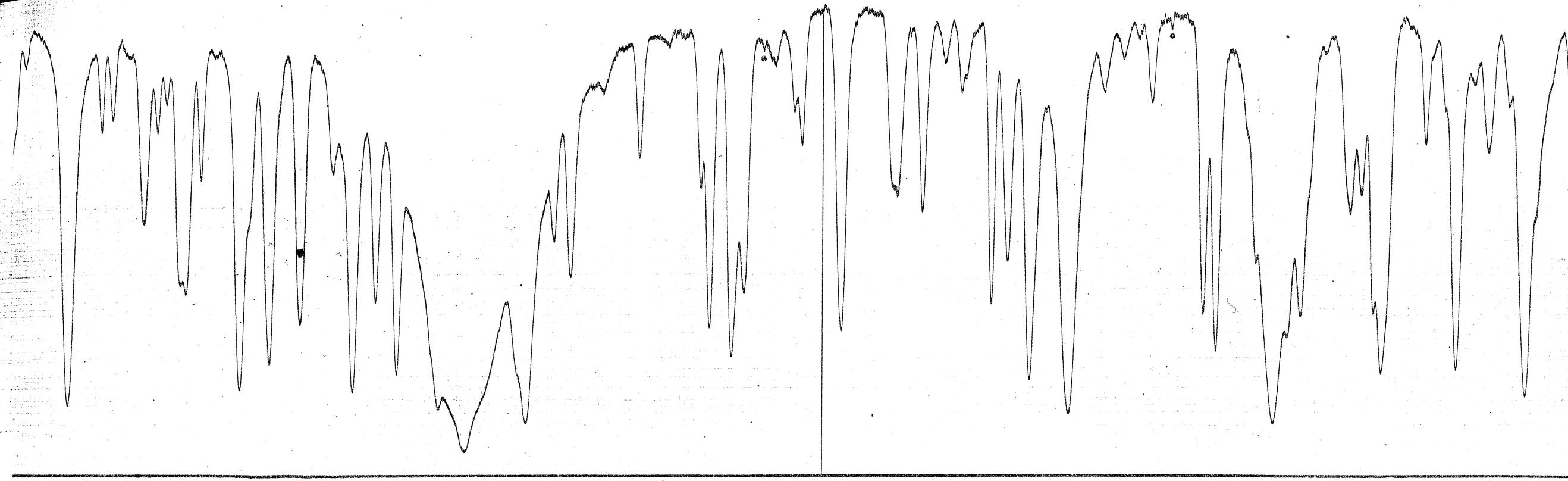


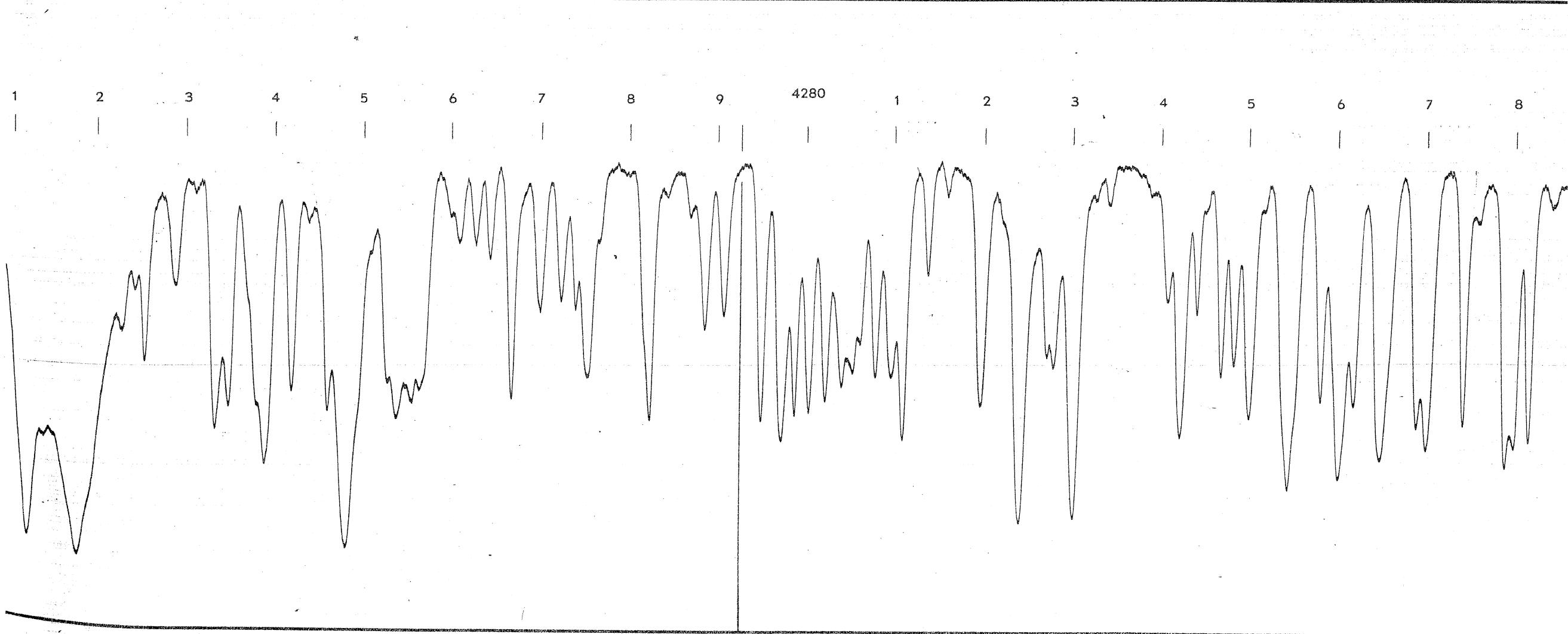
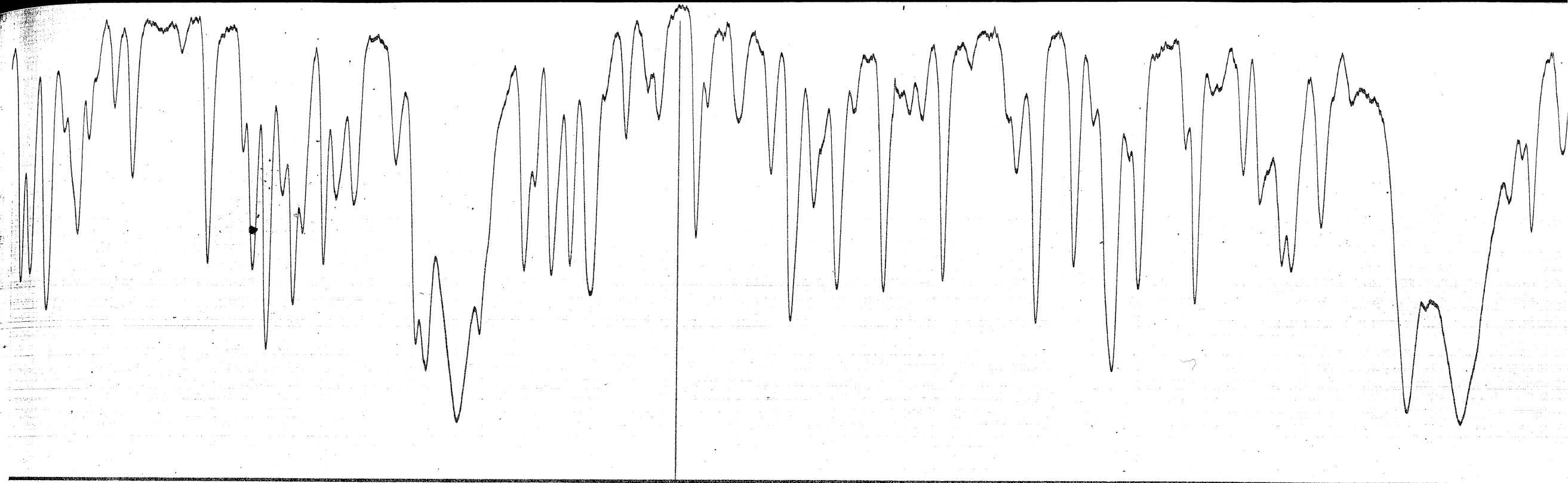


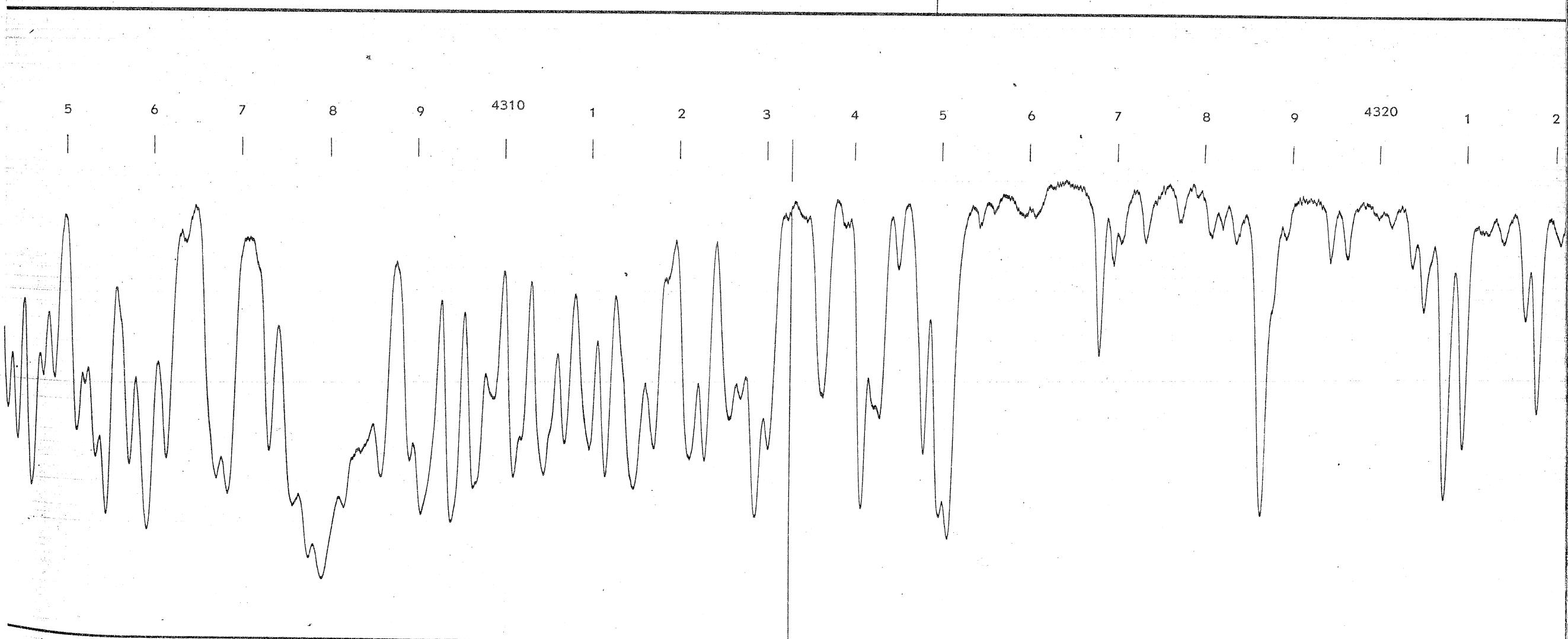
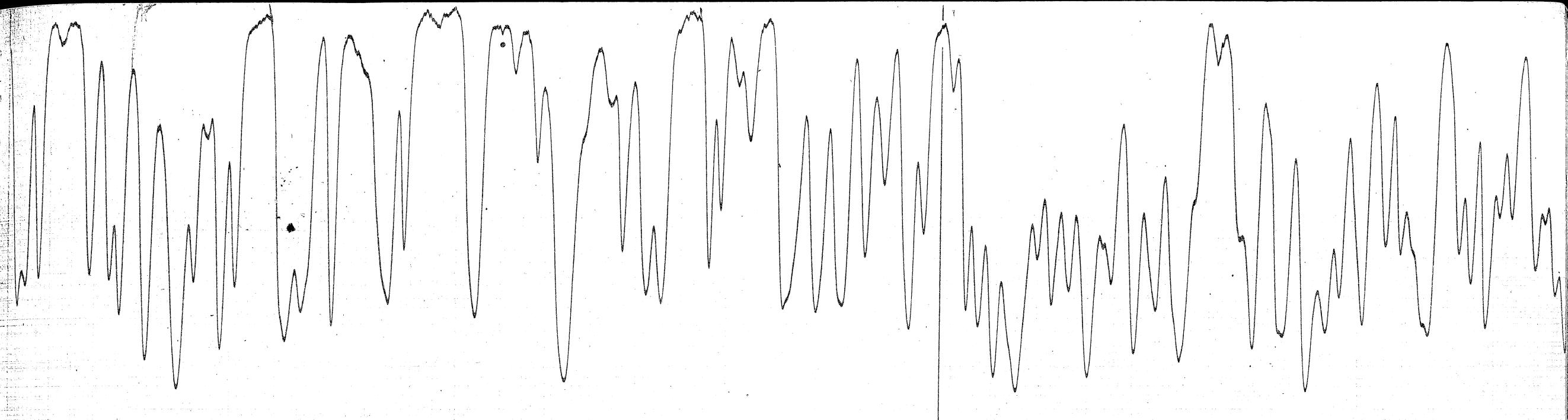


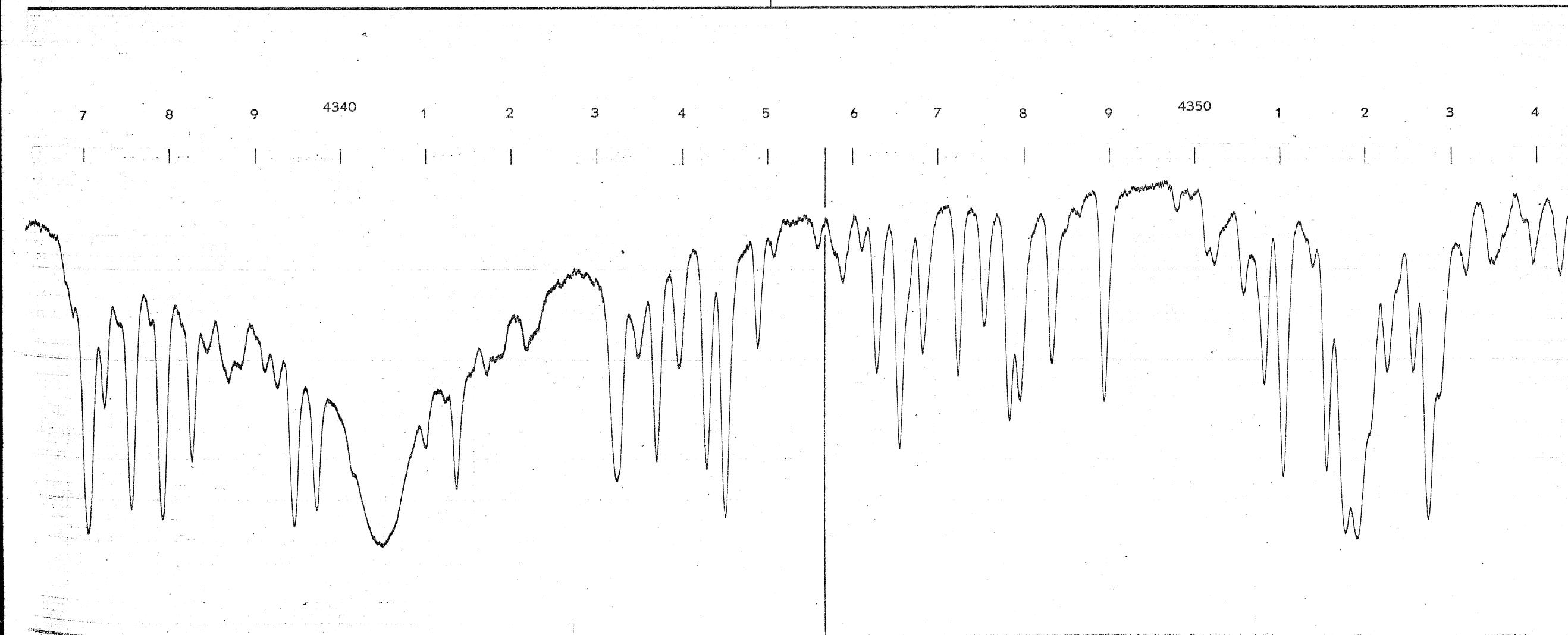
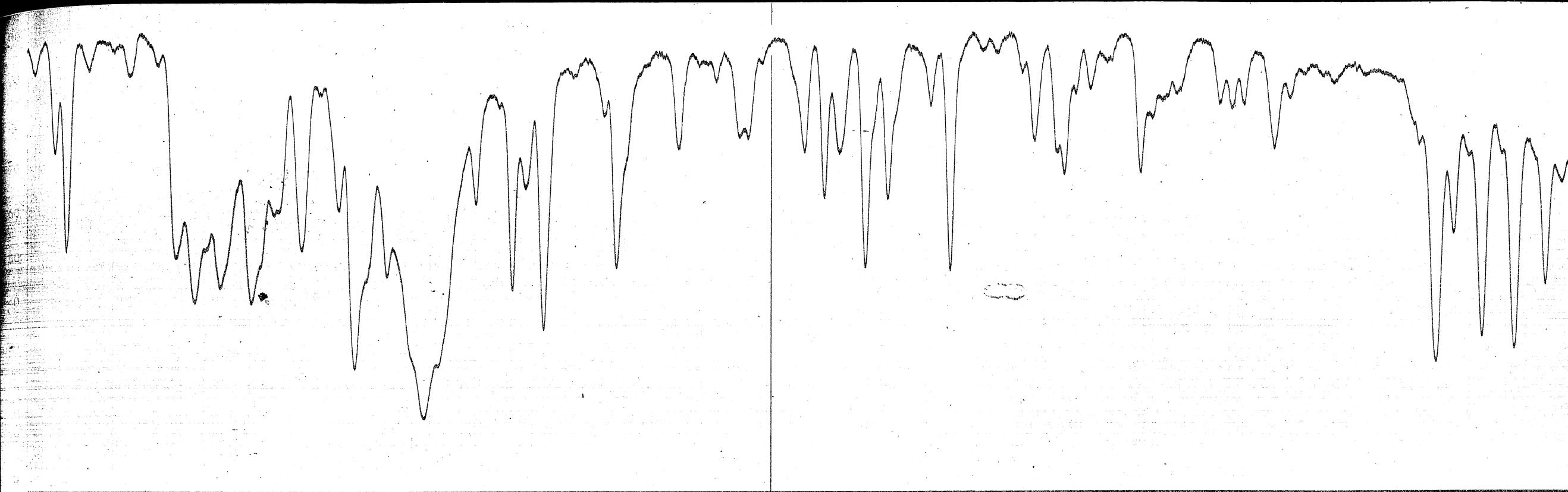


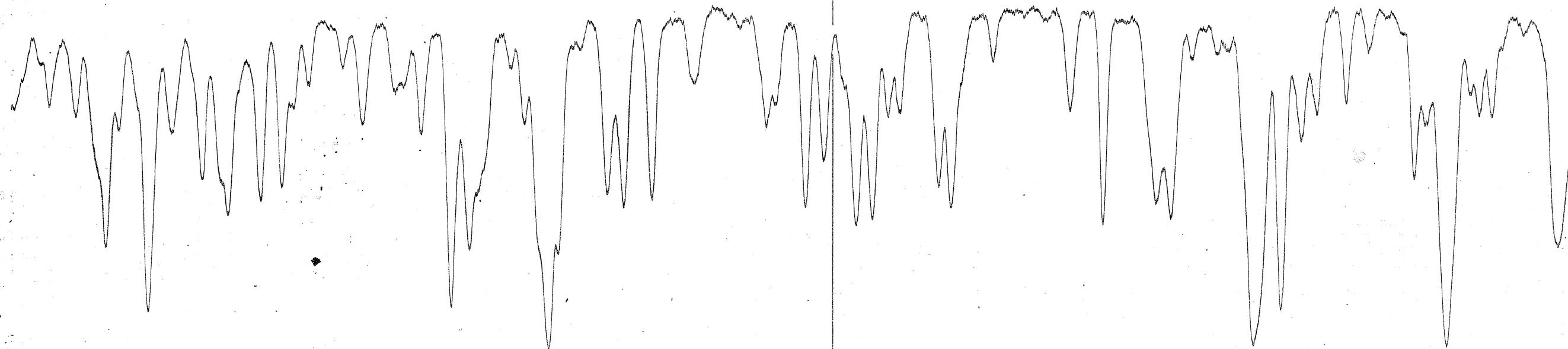




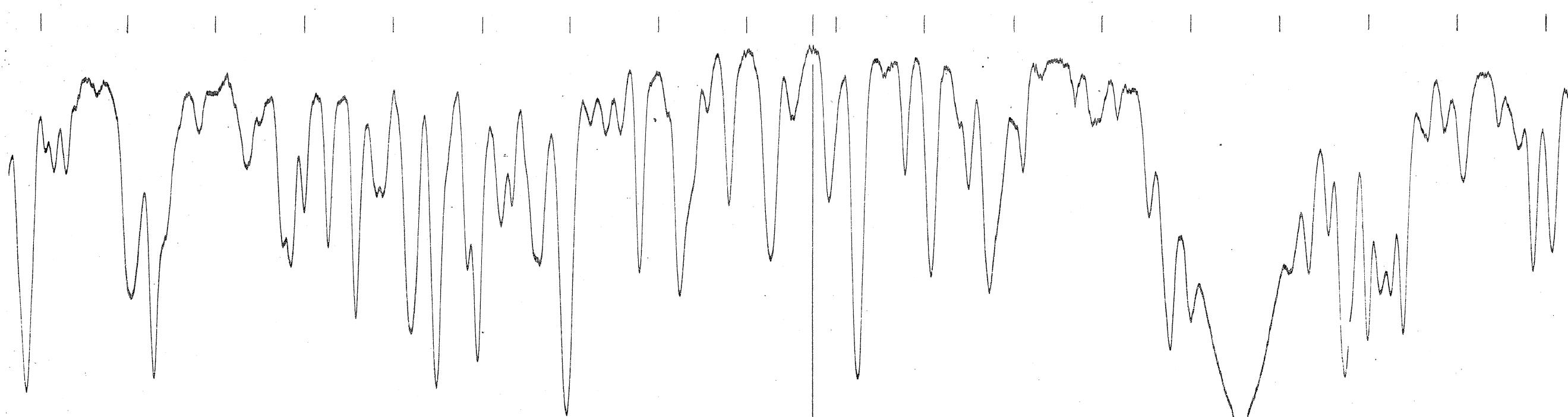


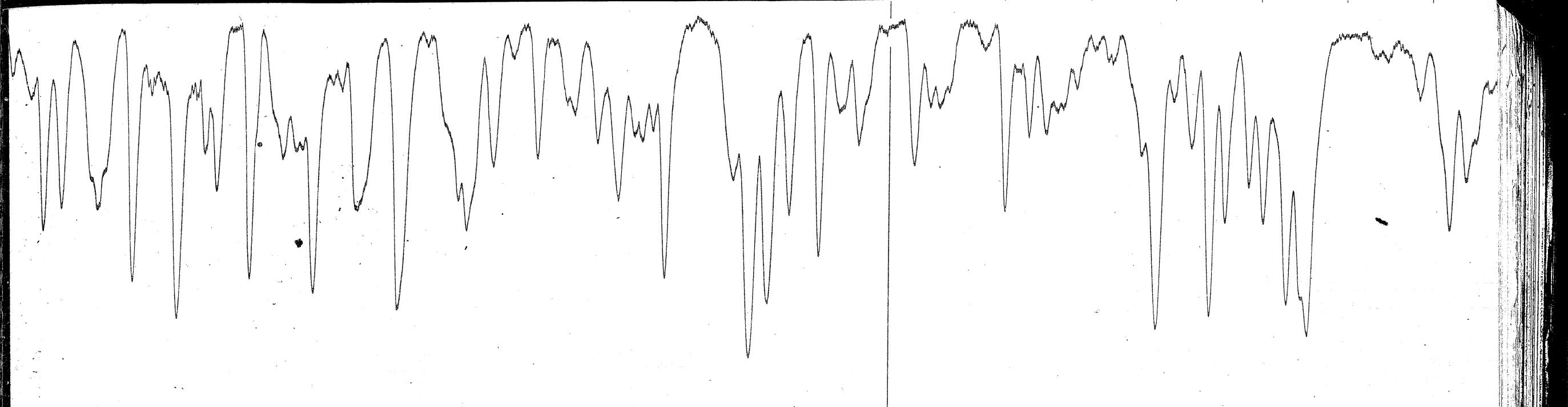




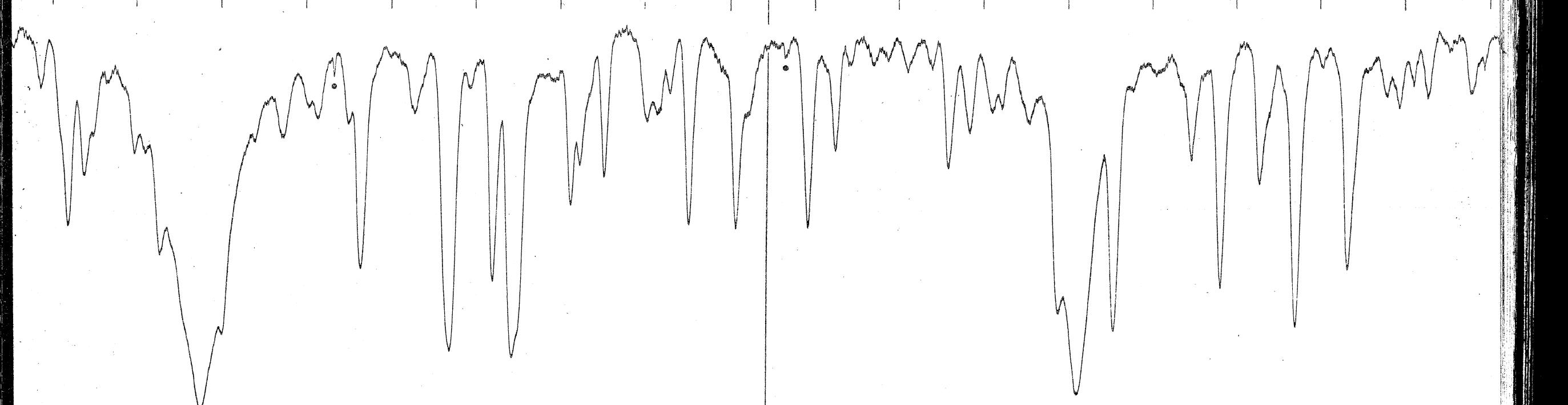


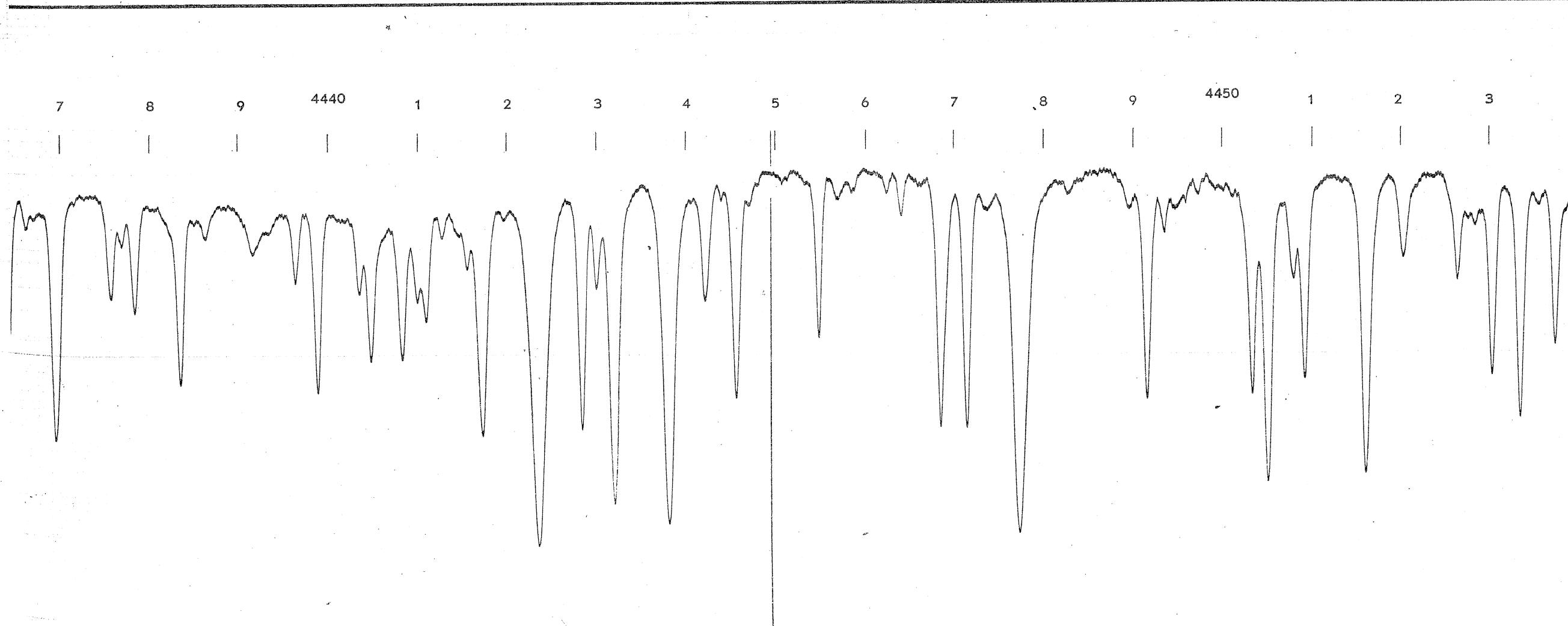
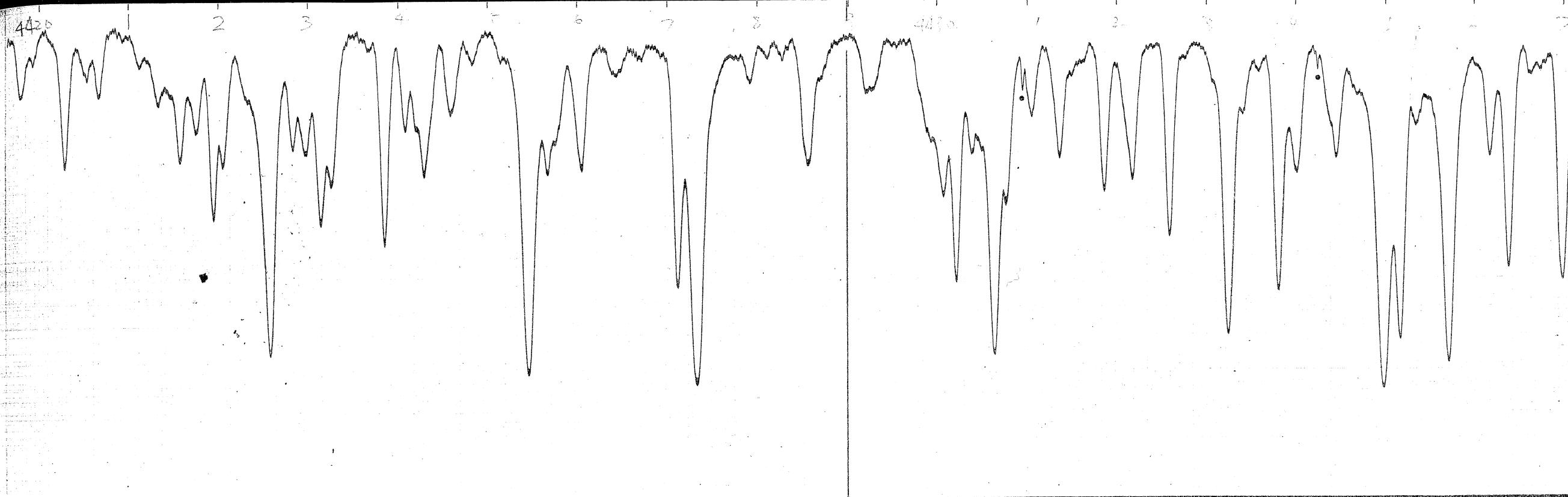
4370 1 2 3 4 5 6 7 8 9 4380 1 2 3 4 5 6 7

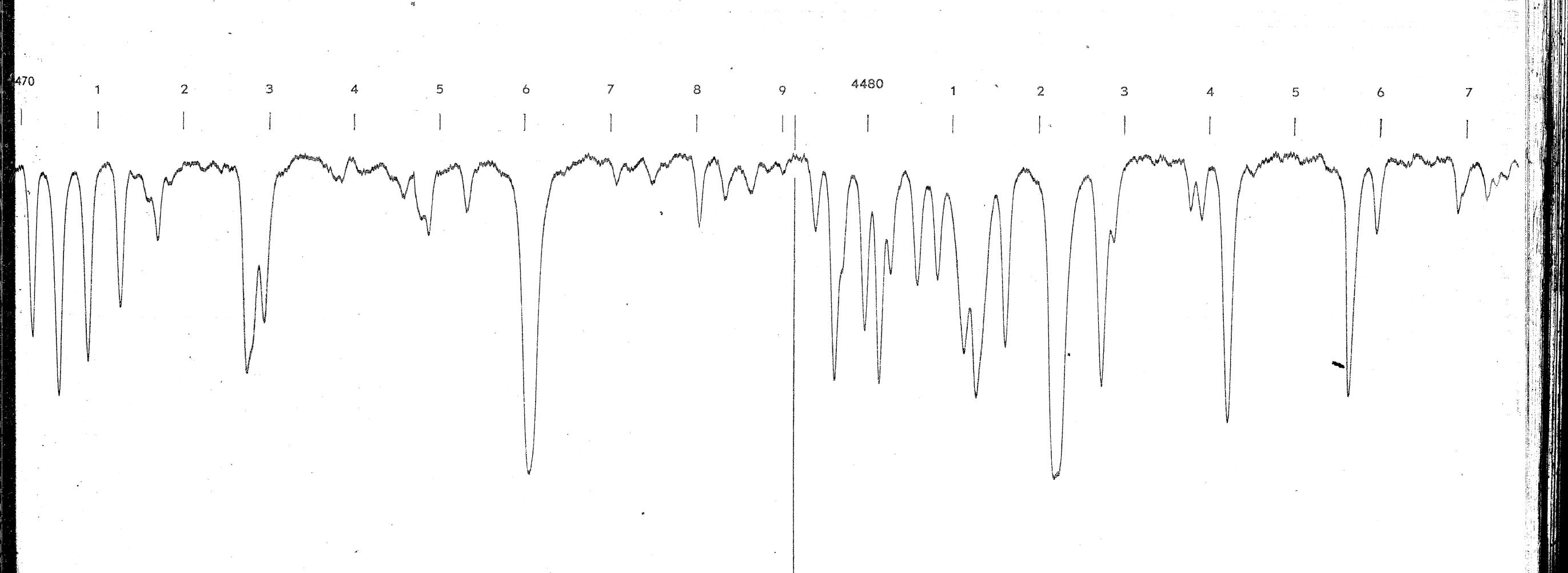
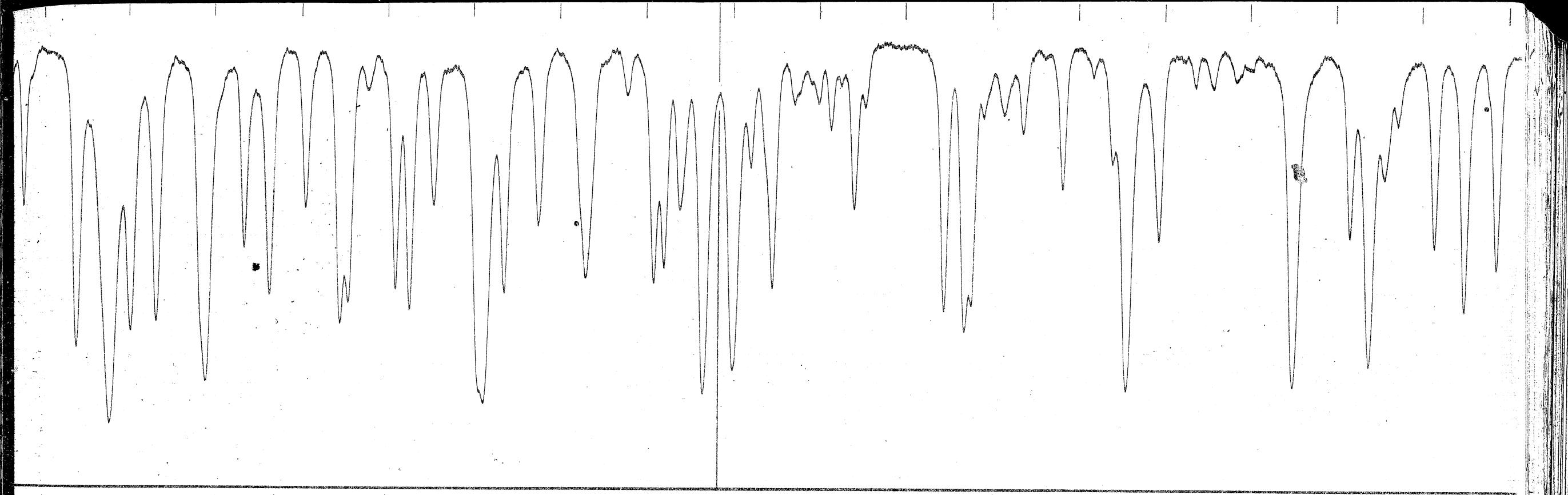


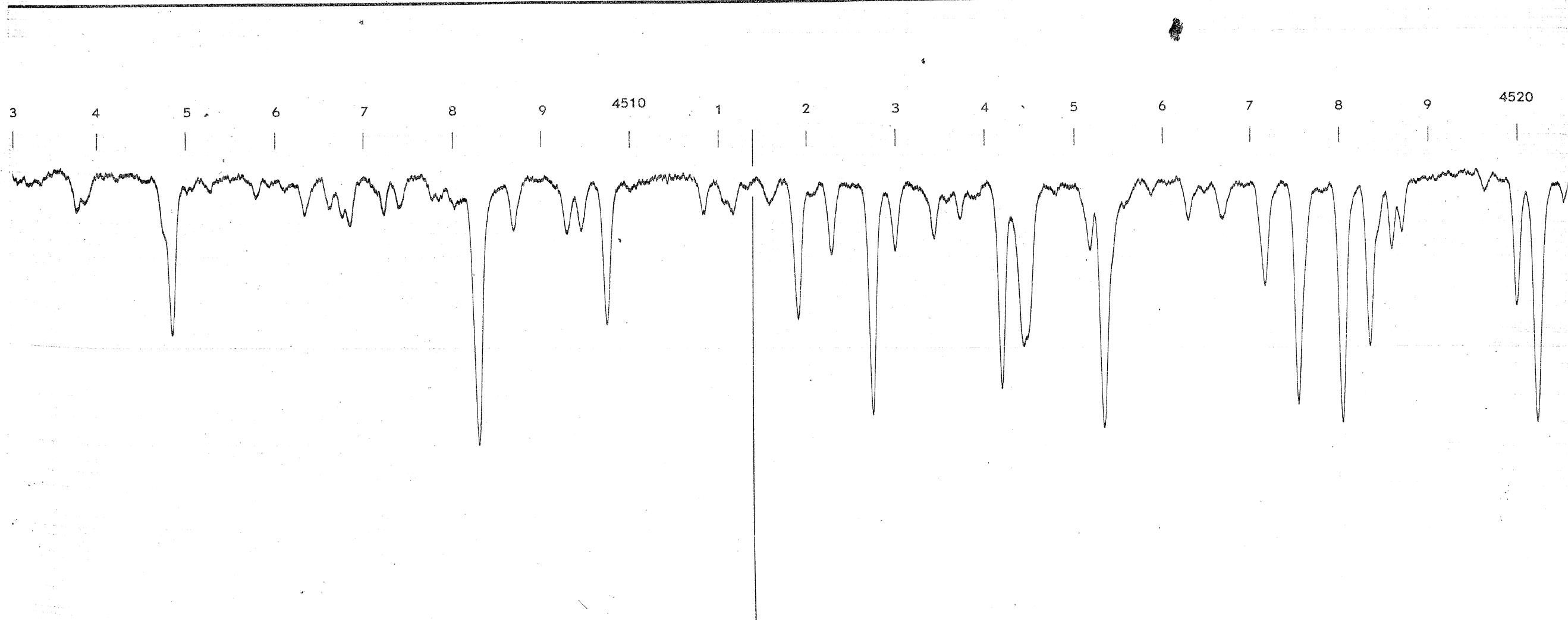
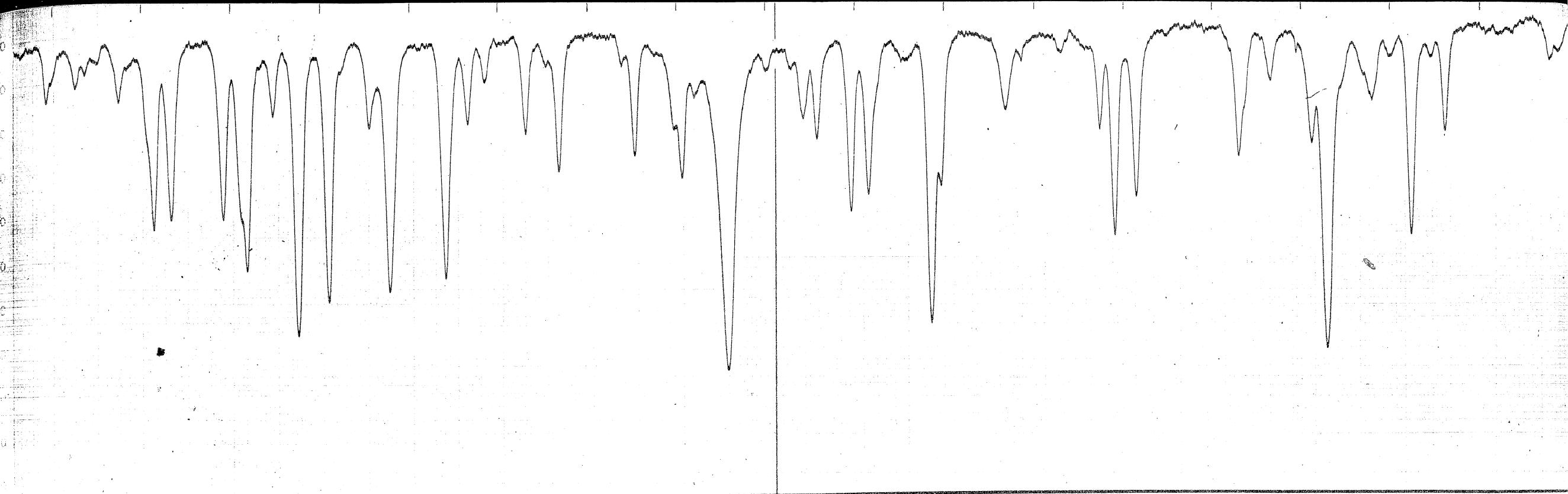


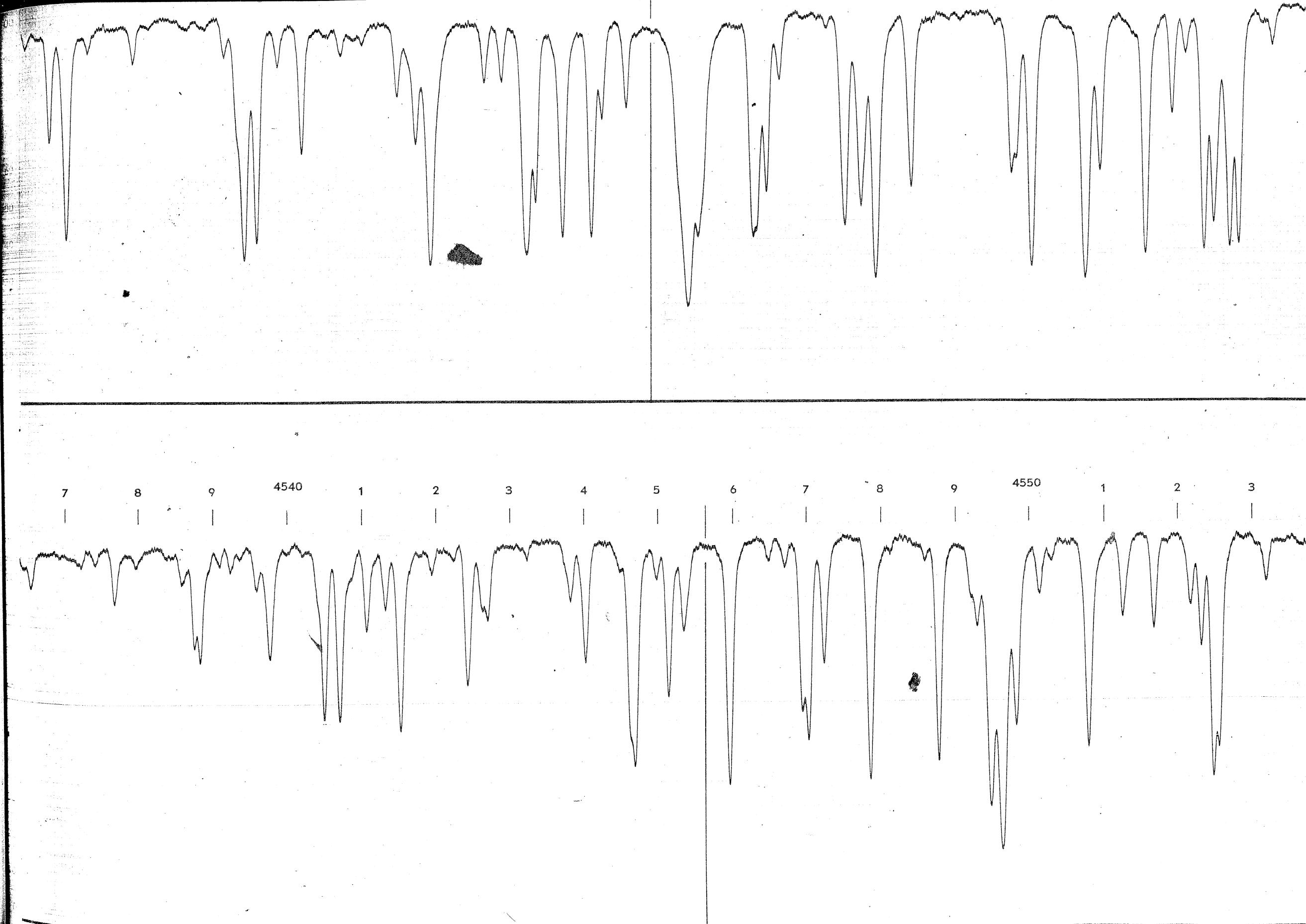
3 4 5 6 7 8 9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 442

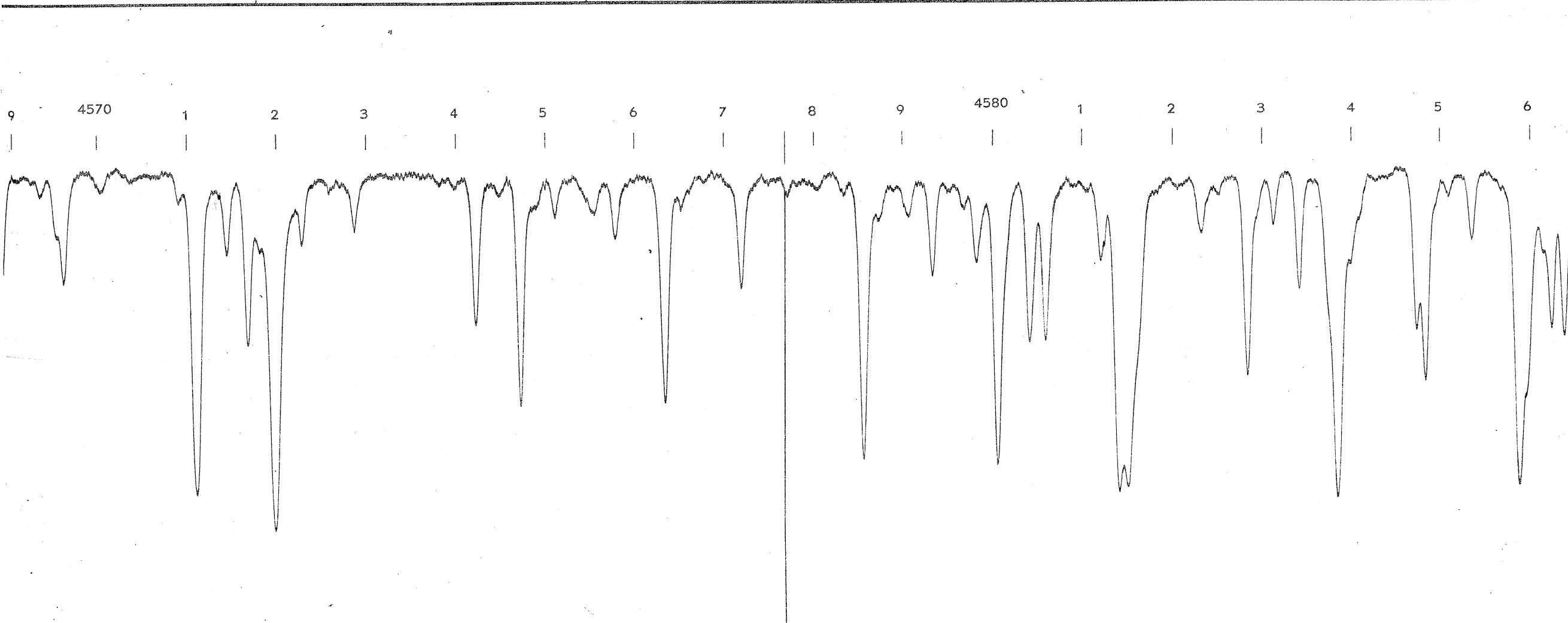
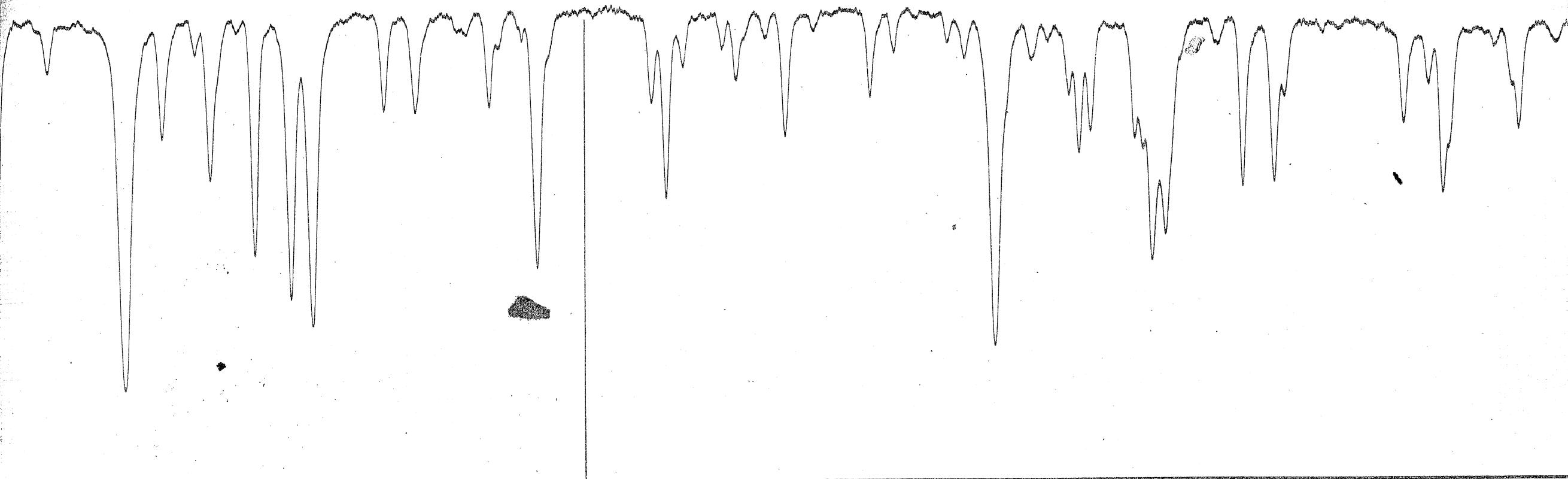


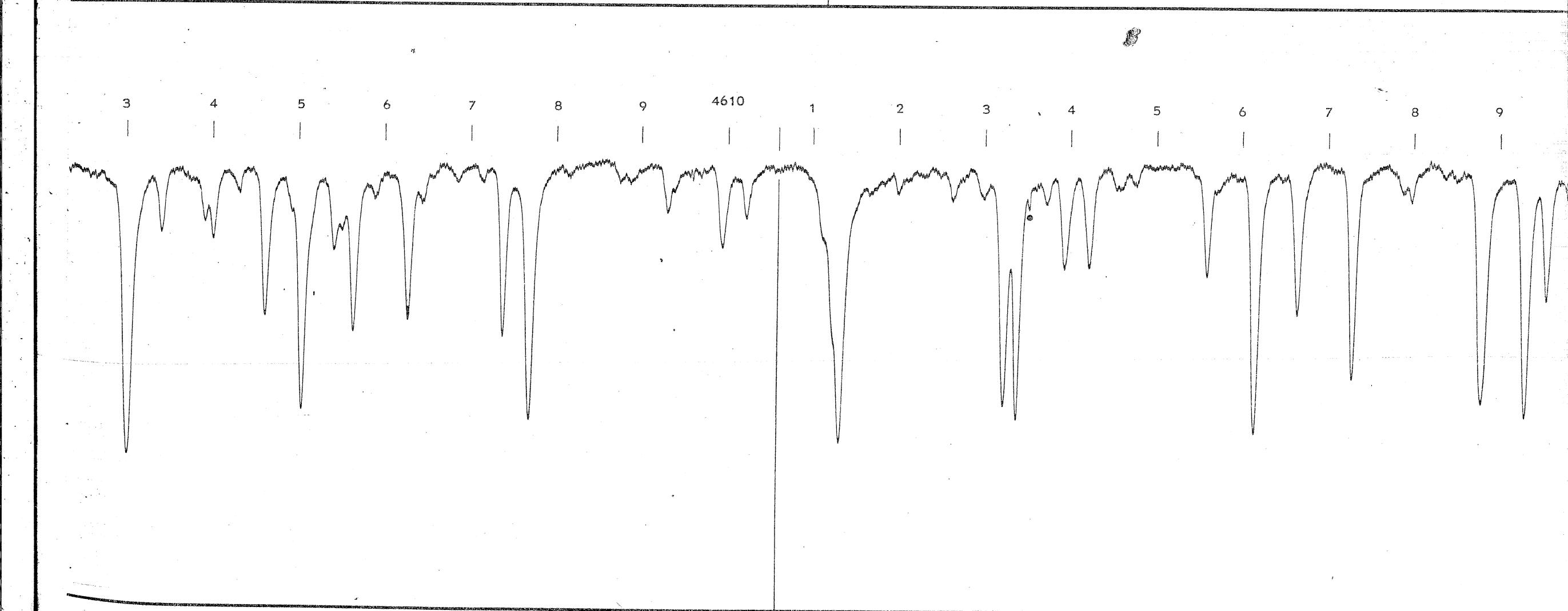
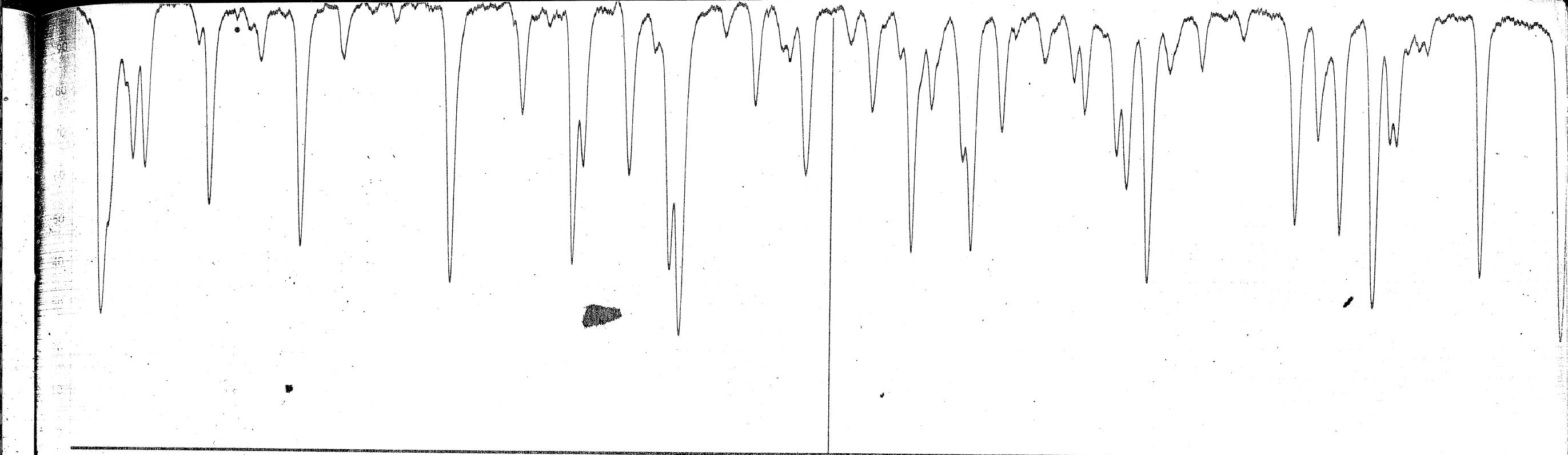


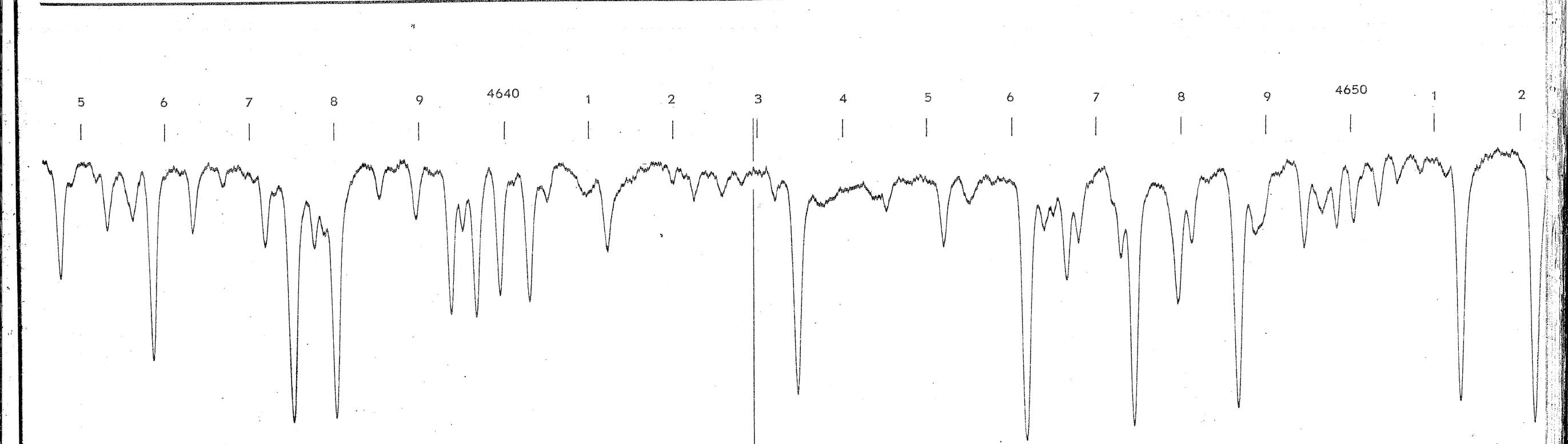
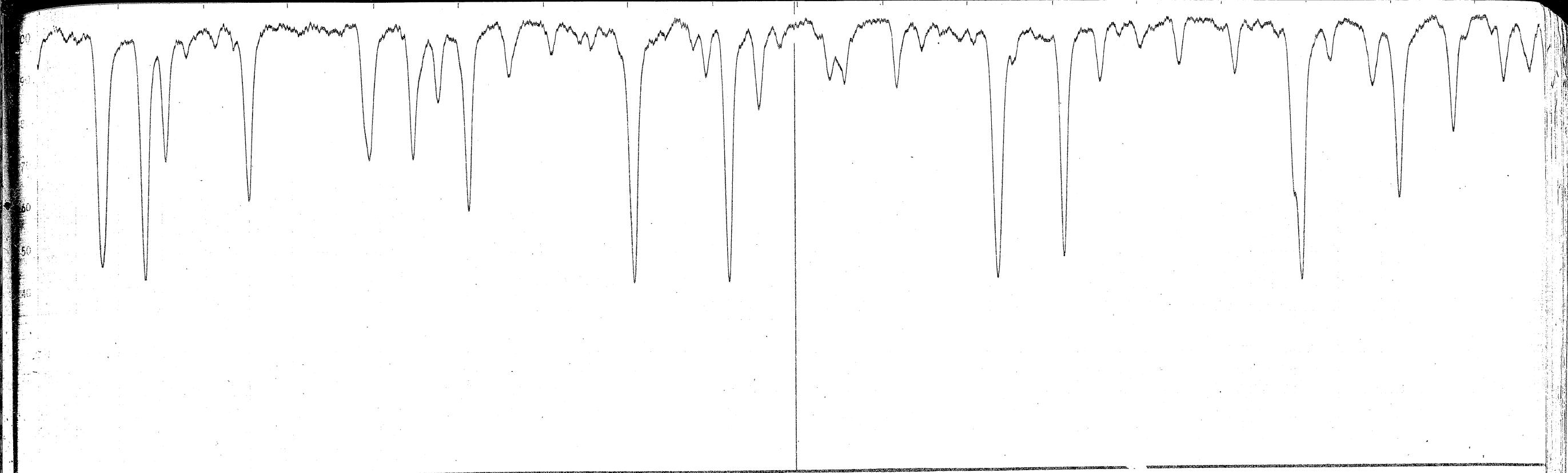


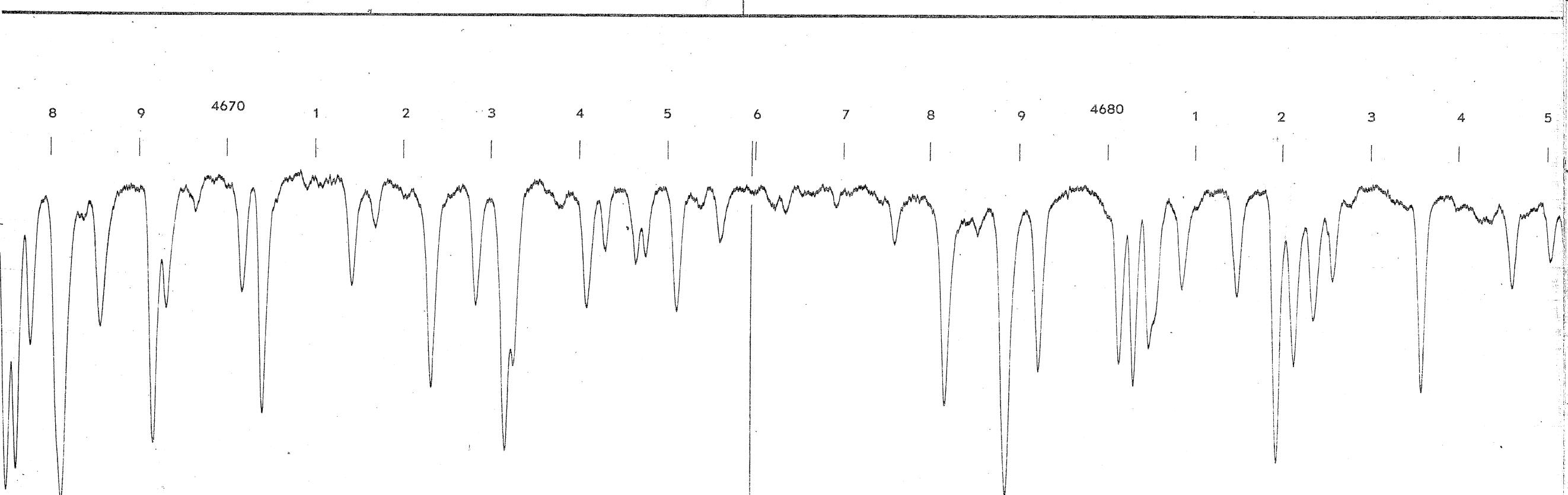
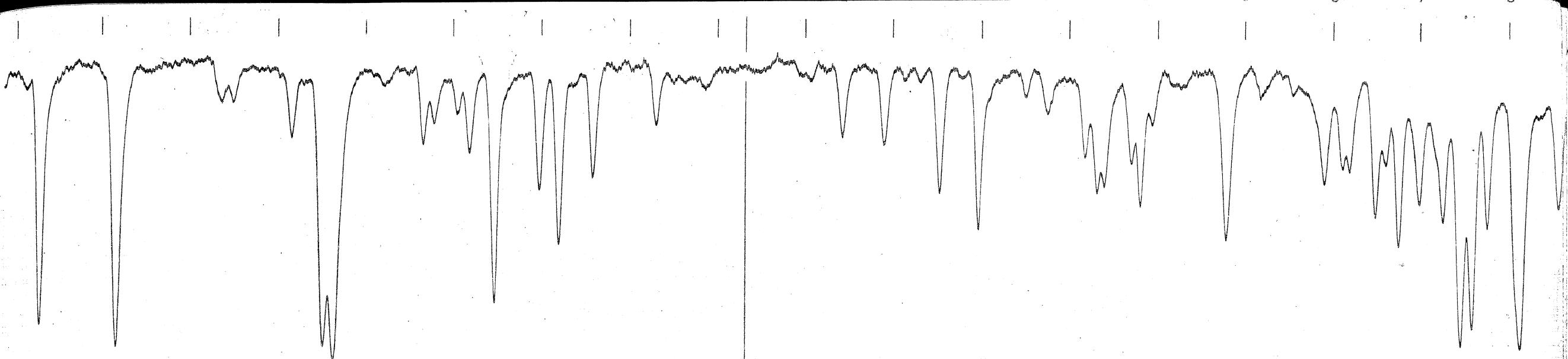


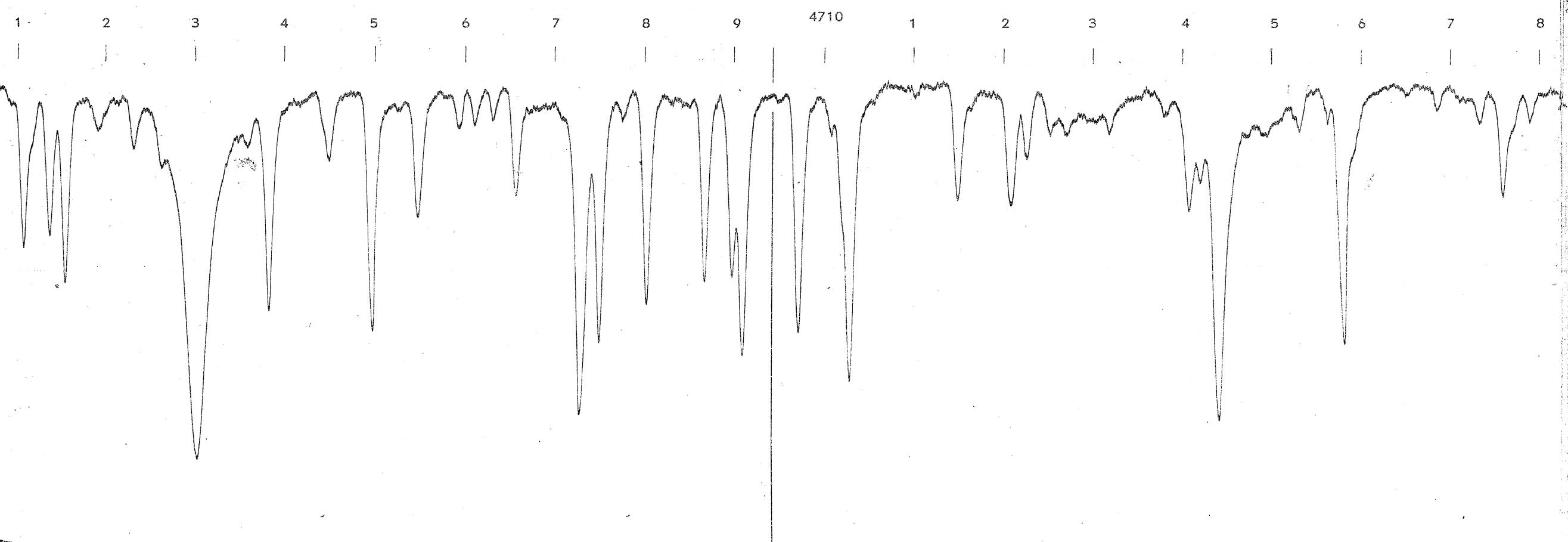
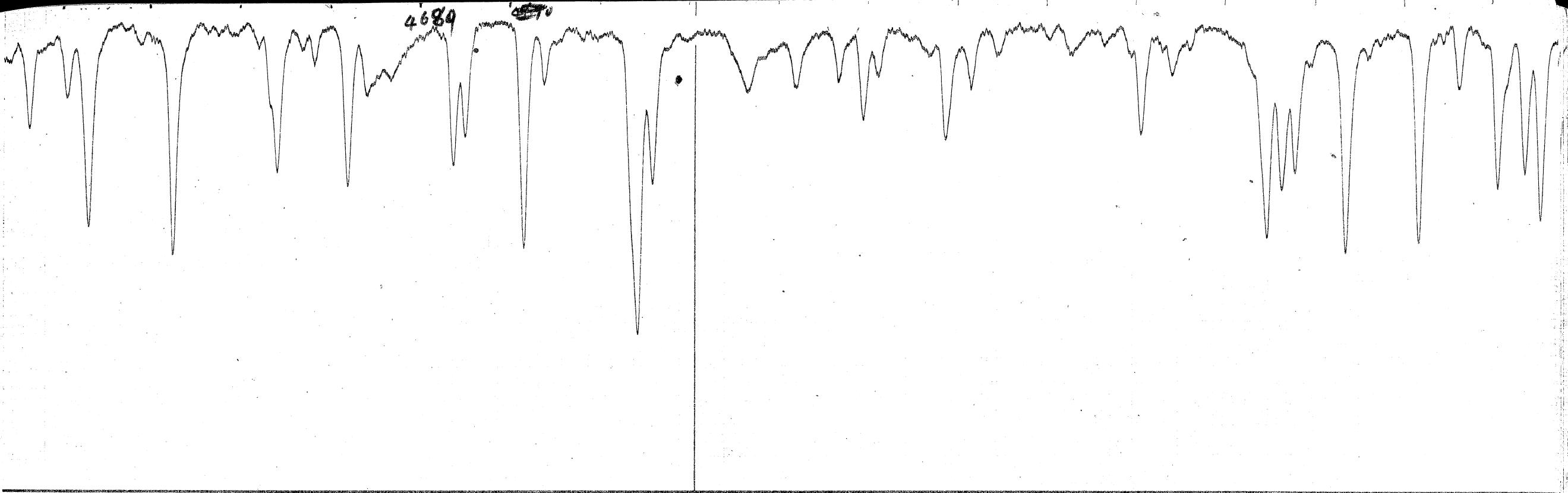


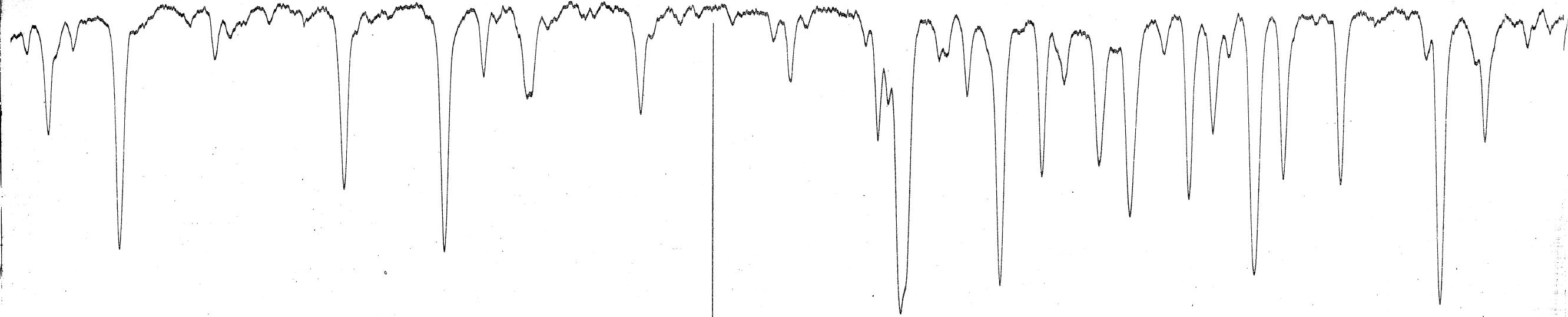




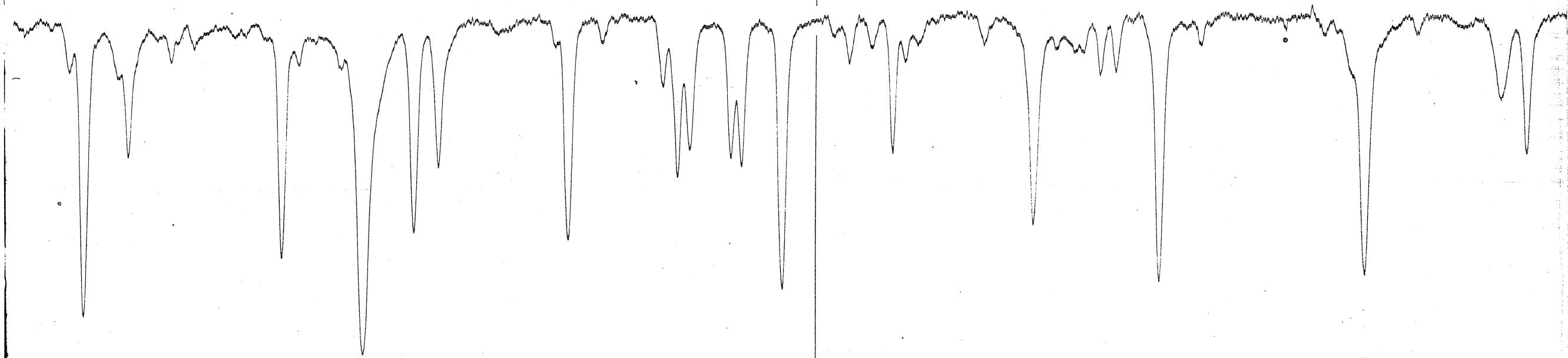


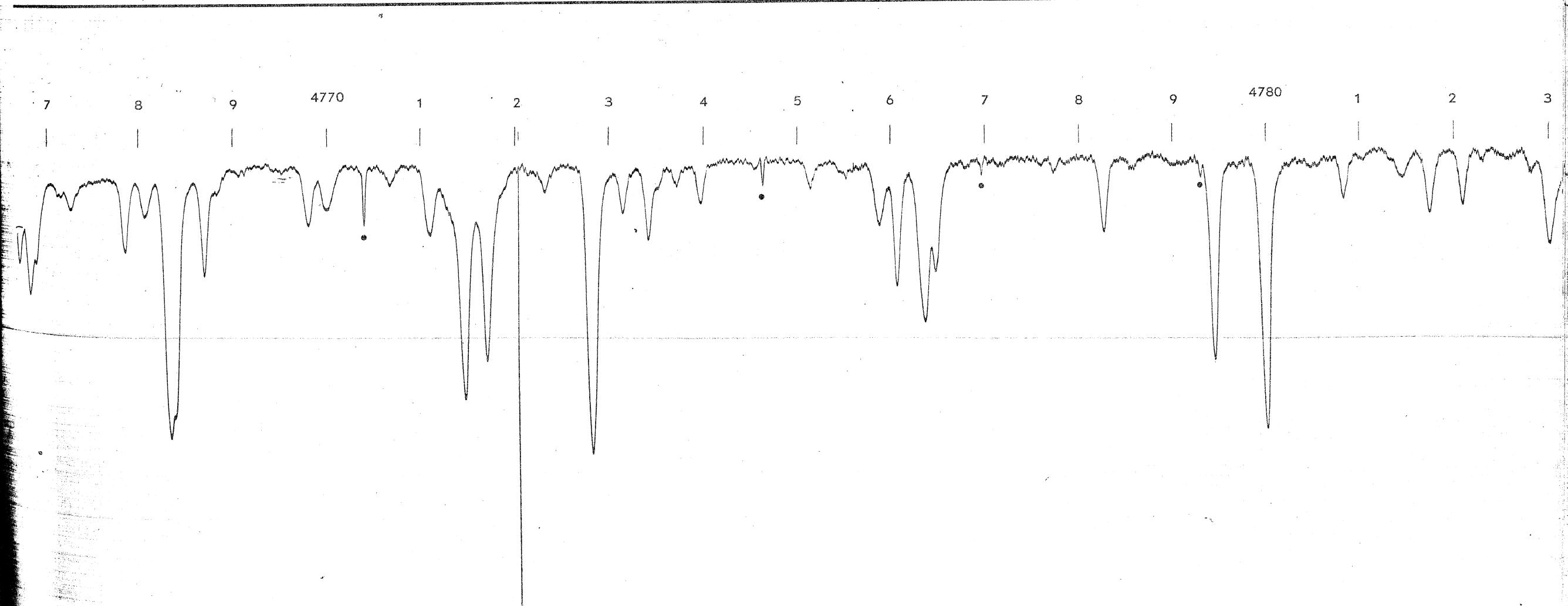
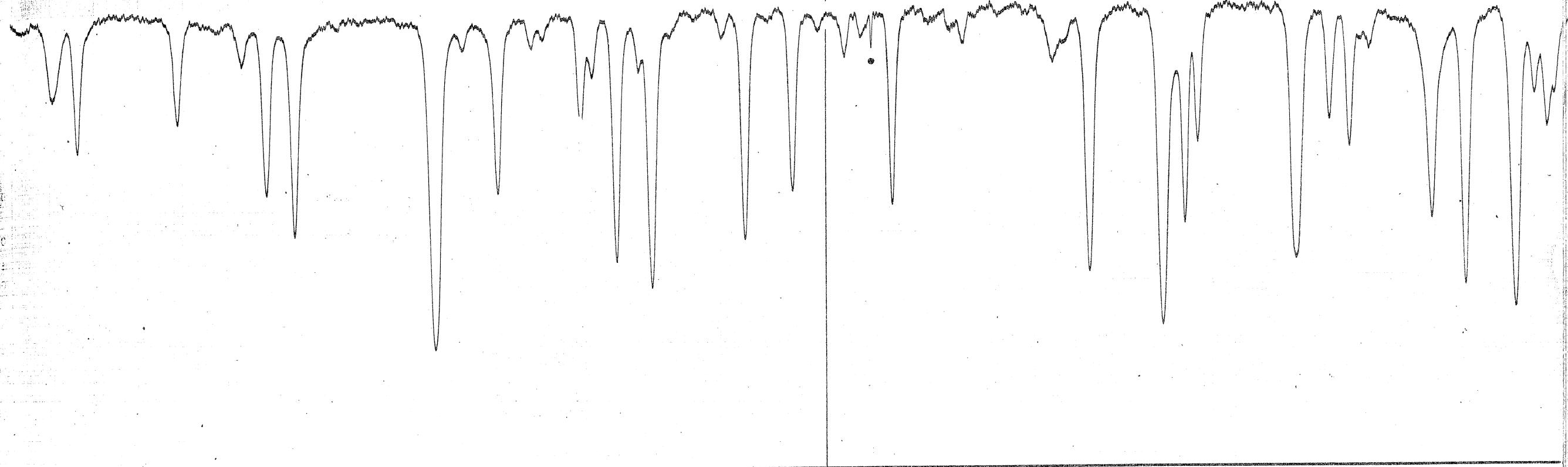


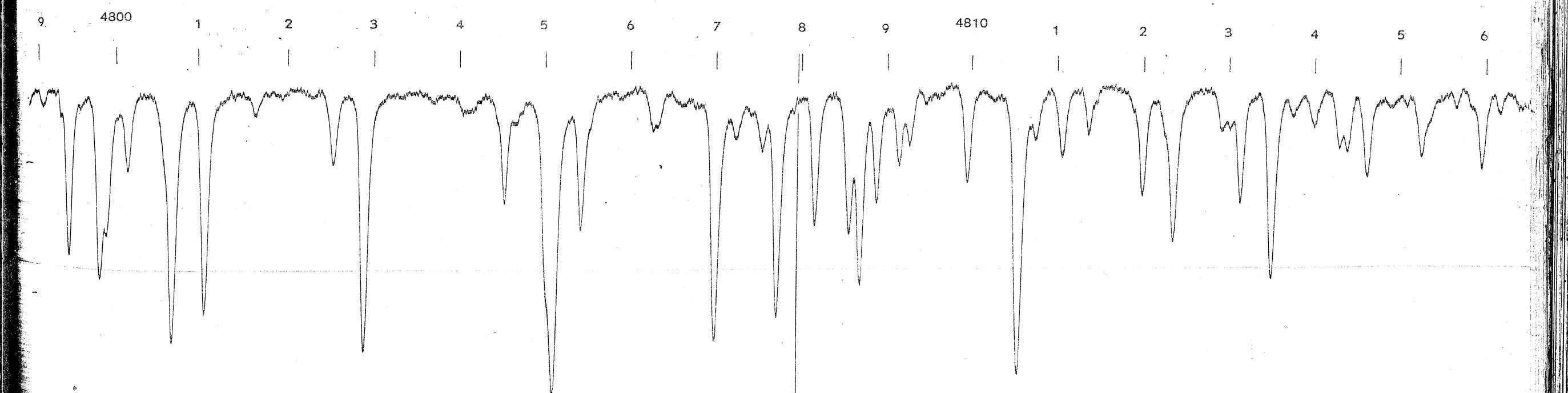
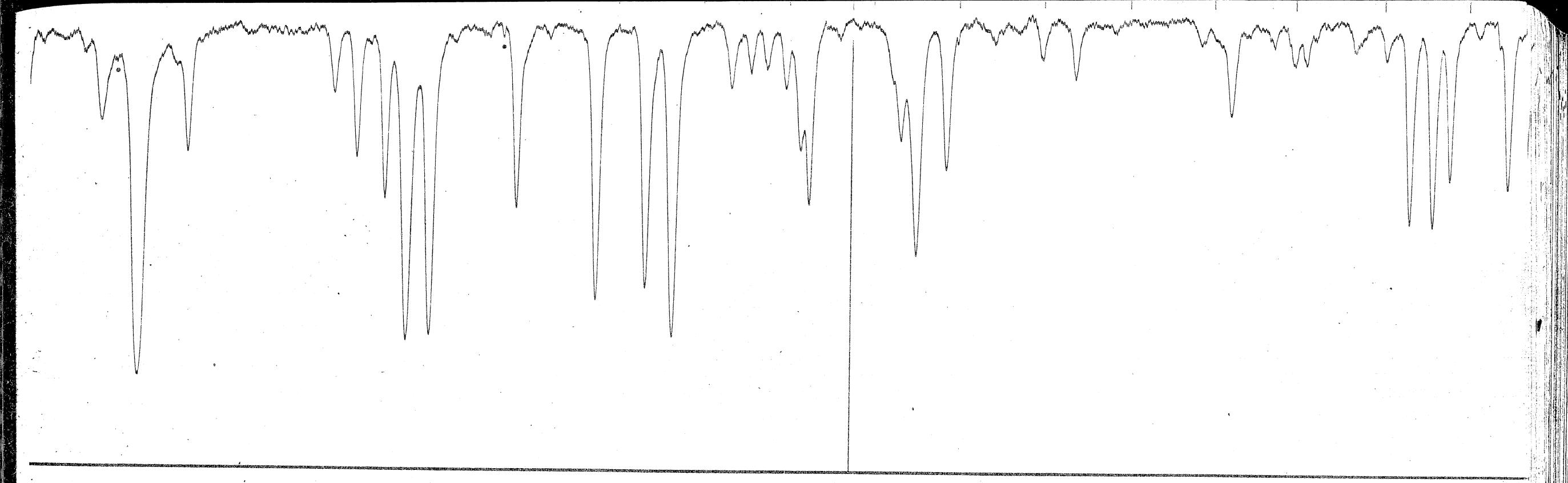


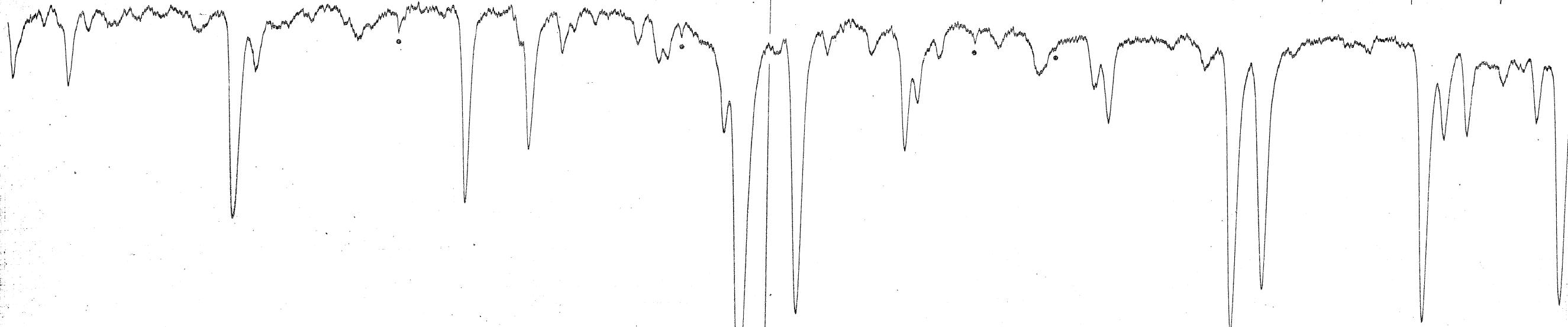


3 4 5 6 7 8 9 4740 1 2 3 4 5 6 7 8 9 4750

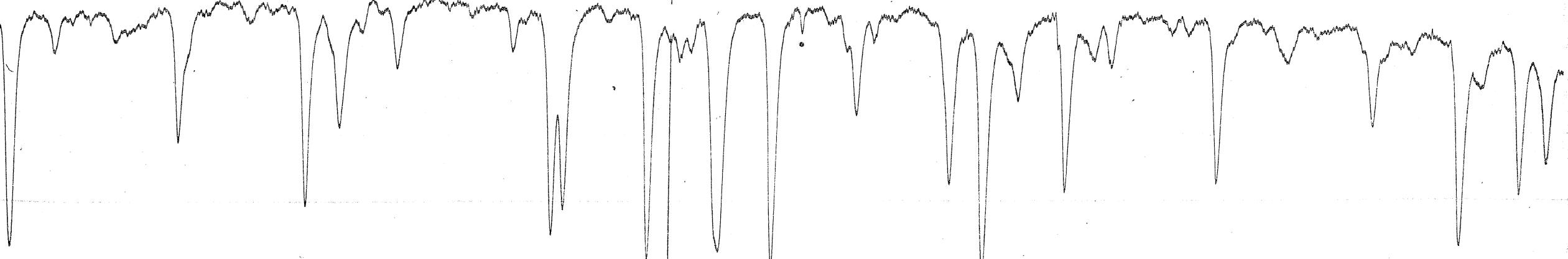


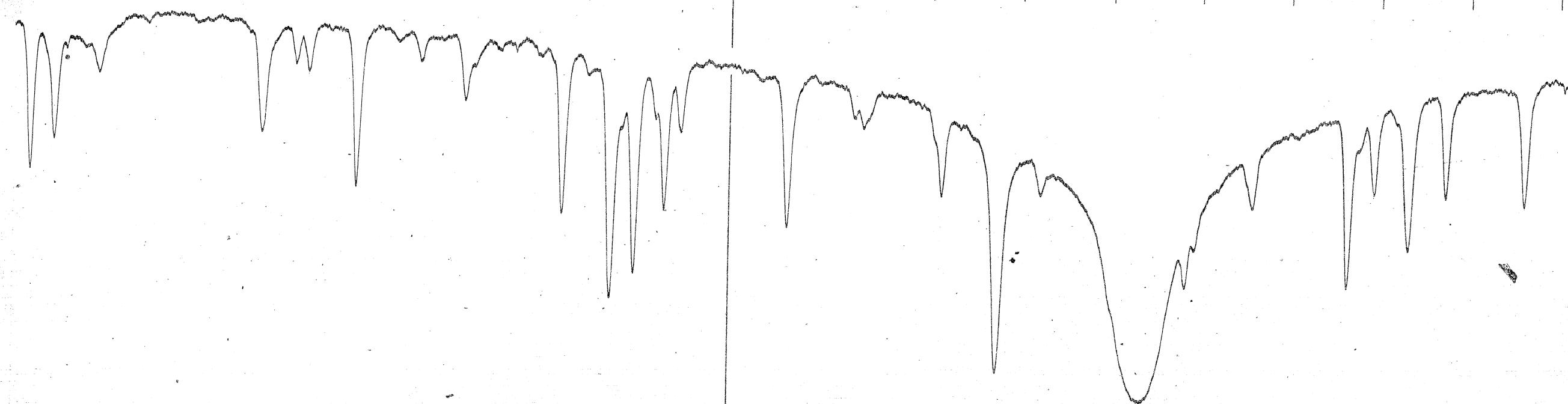




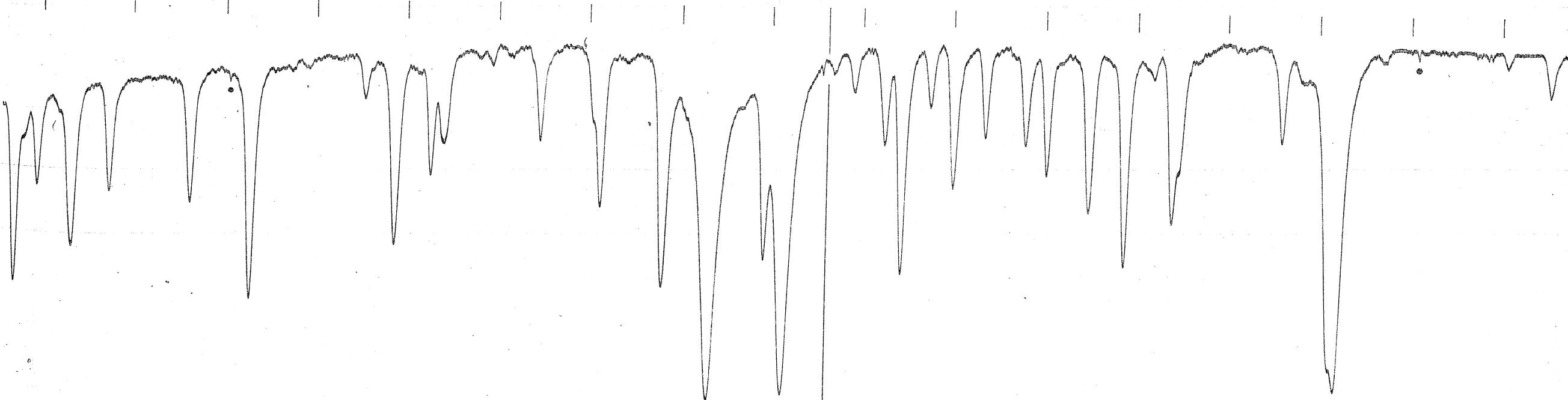


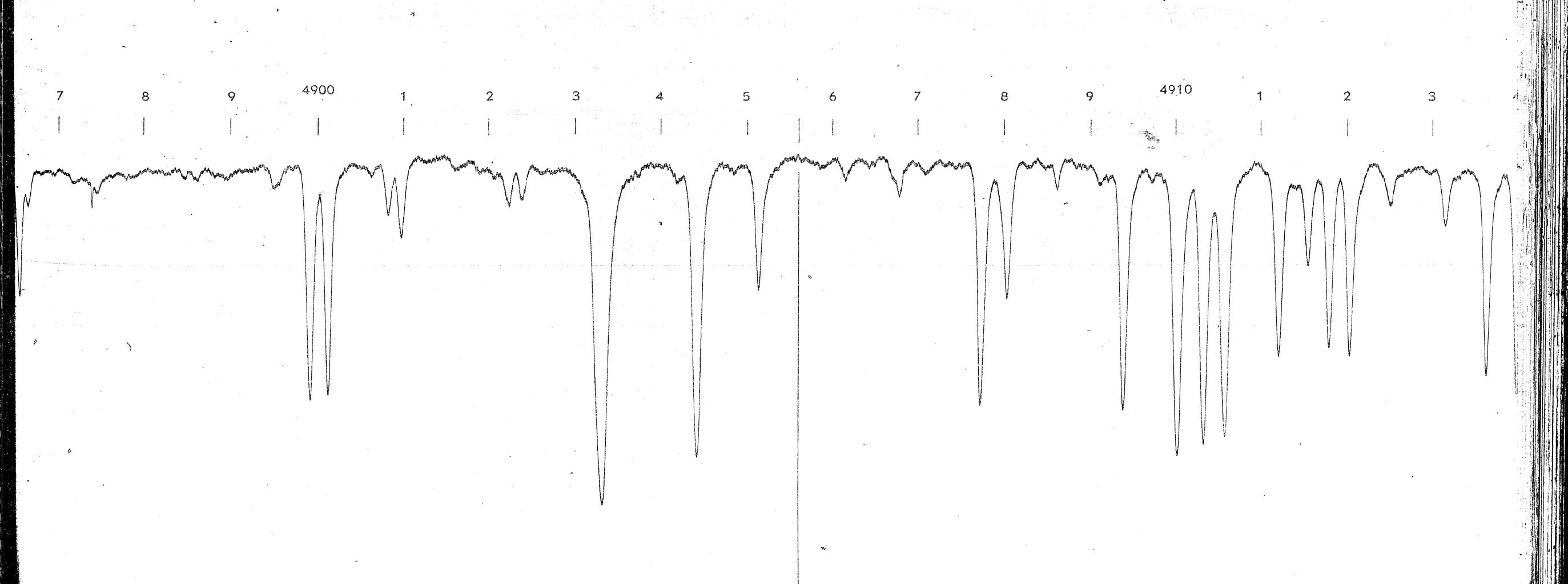
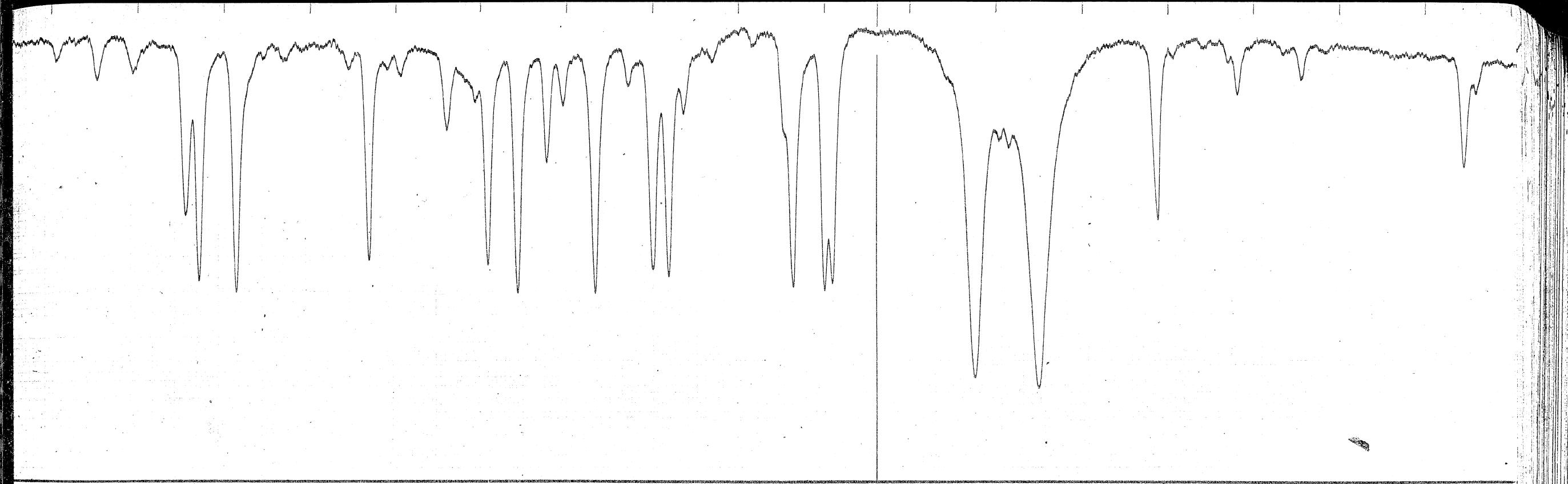
2 3 4 5 6 7 8 9 4840 1 2 3 4 5 6 7 8 9

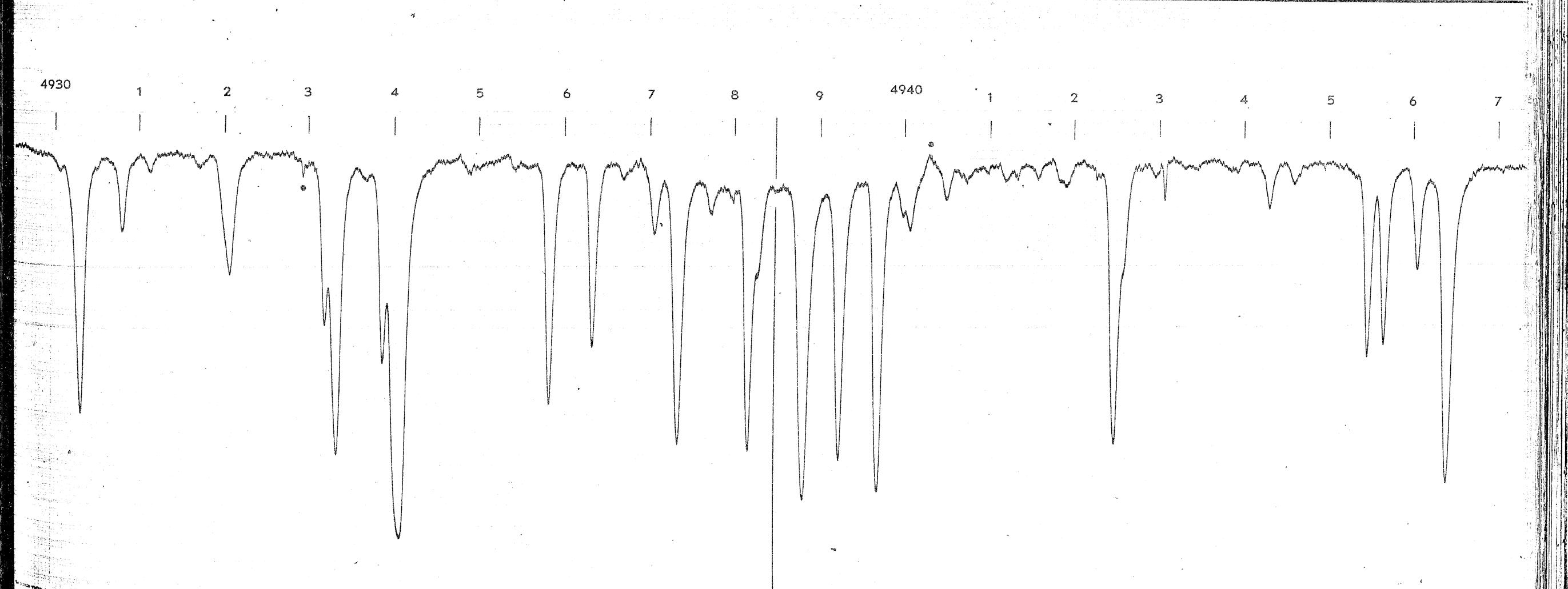
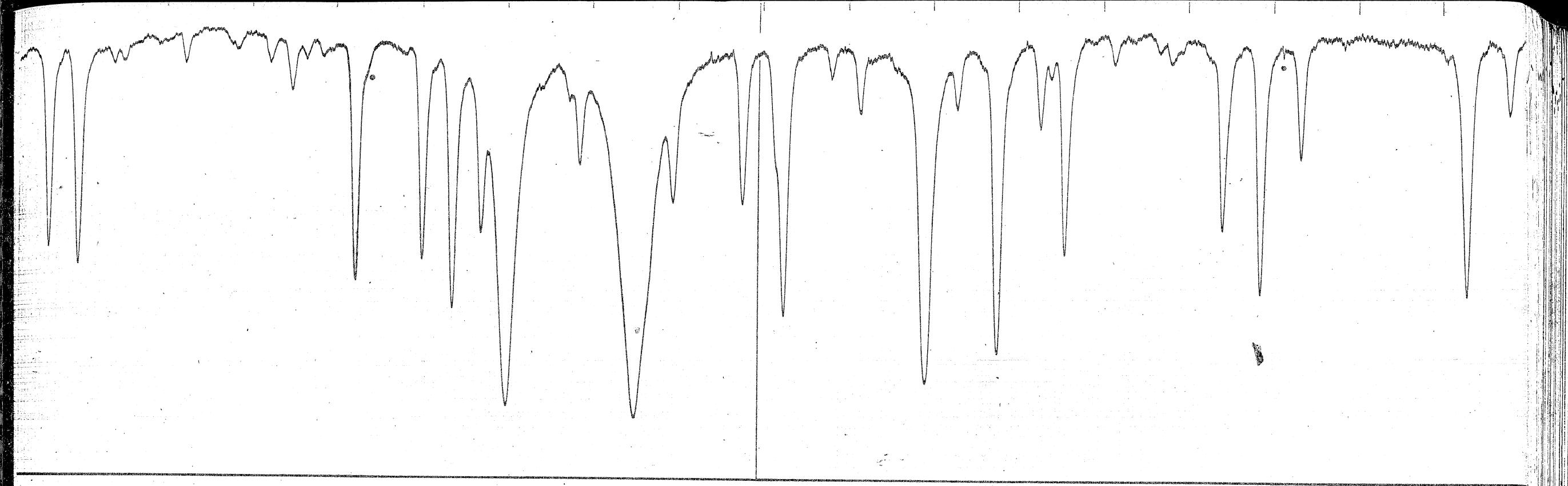


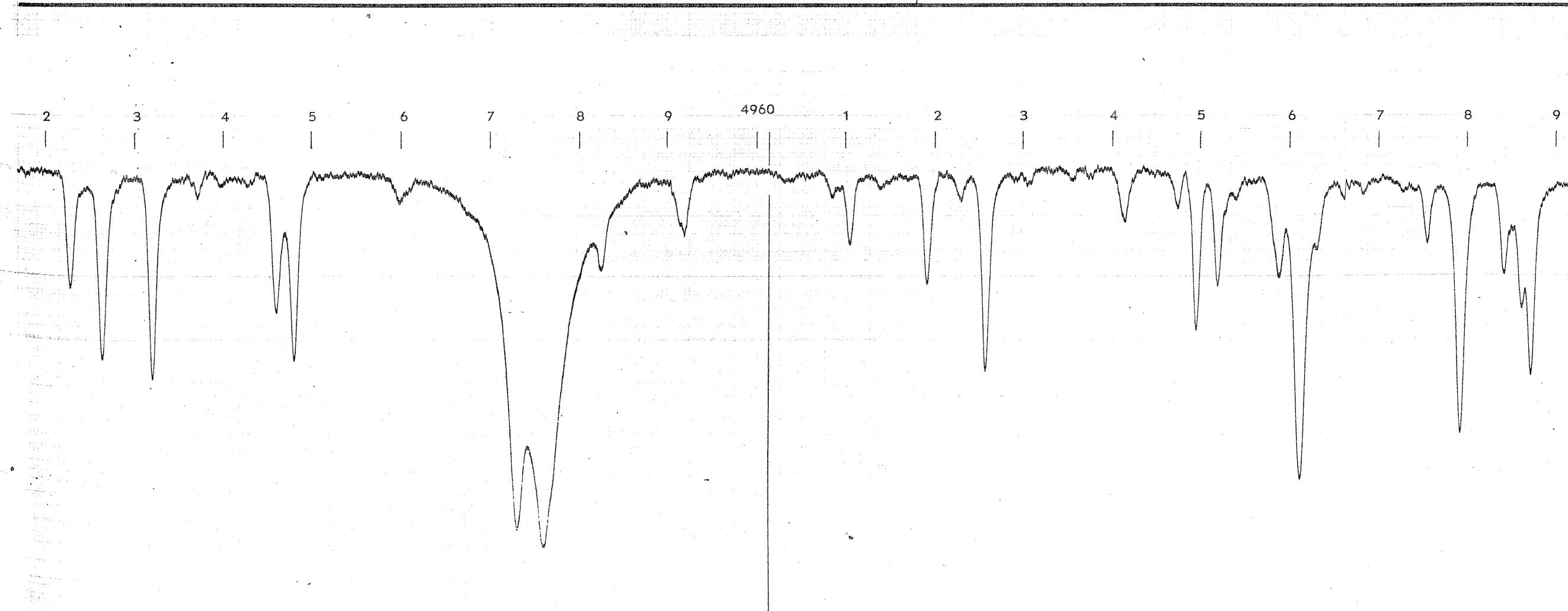
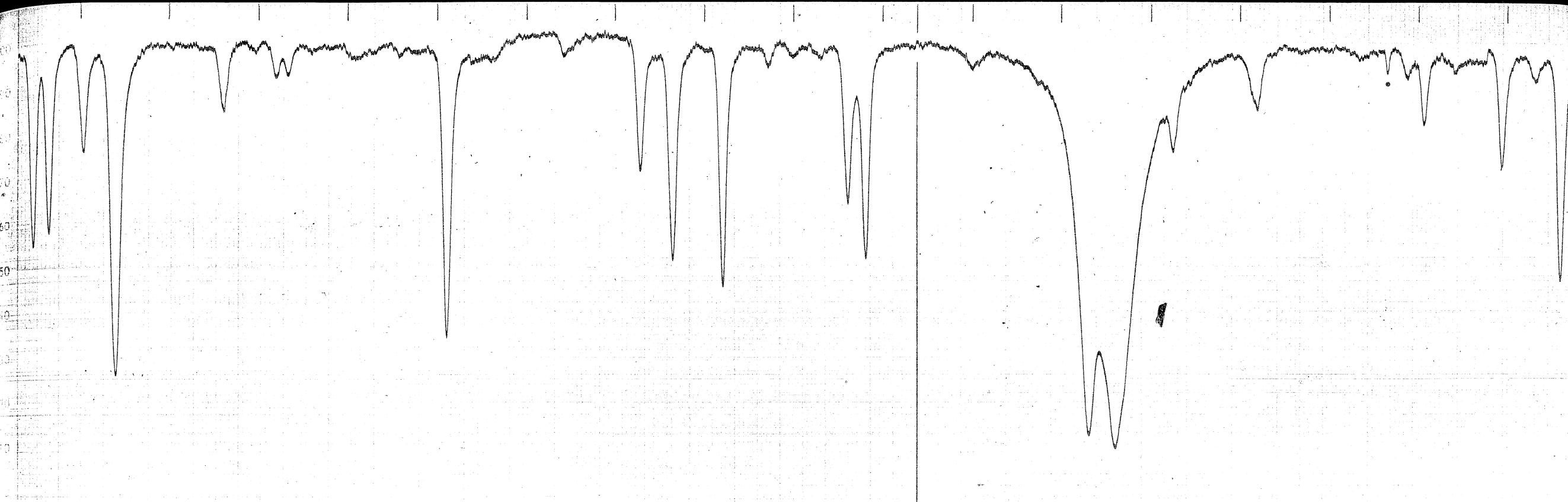


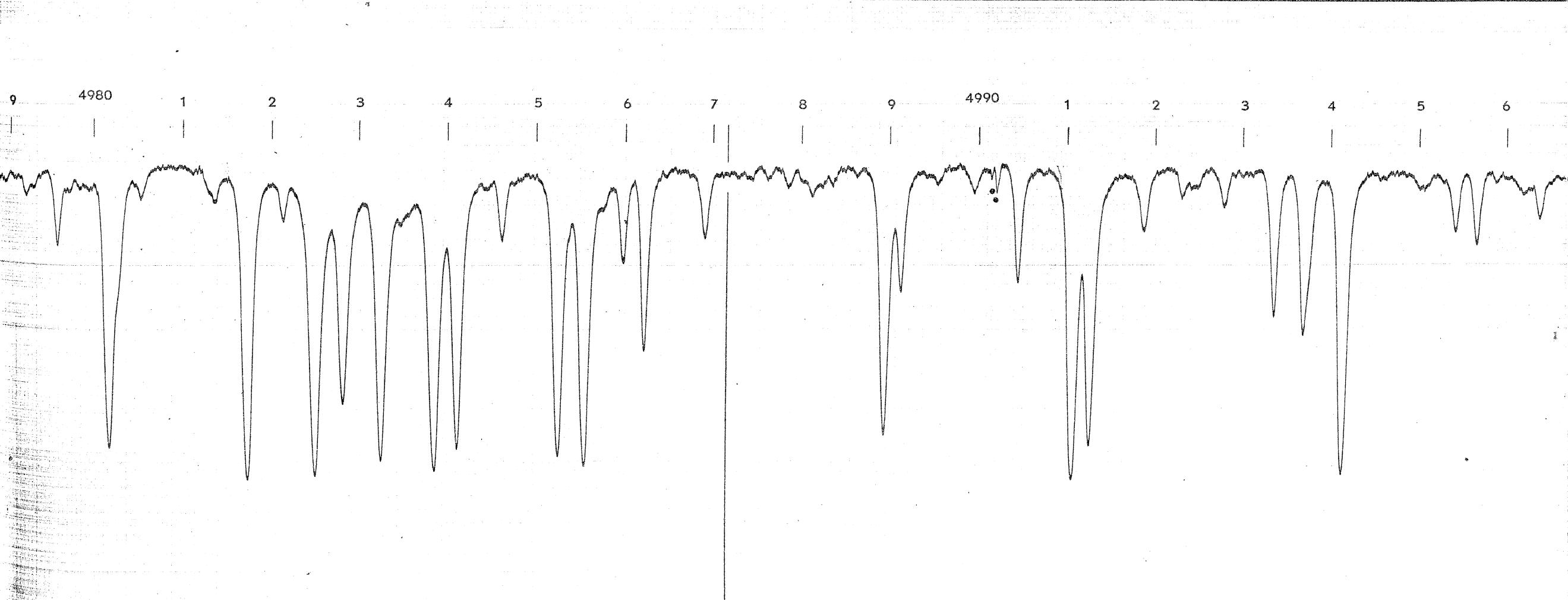
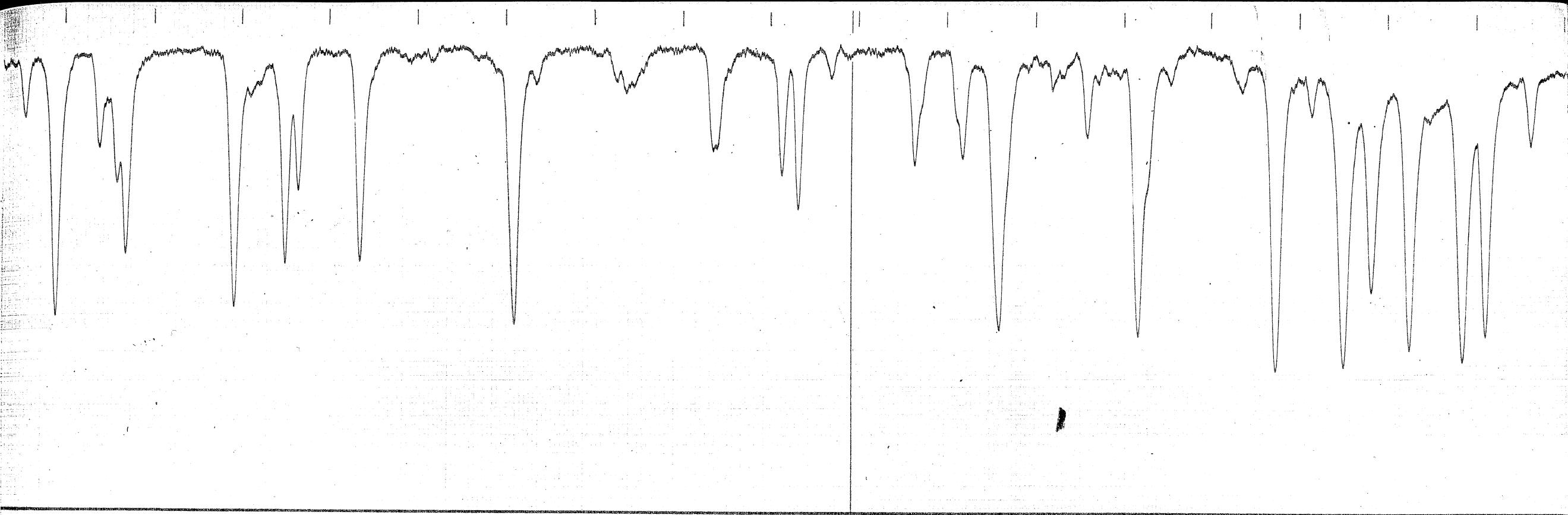
4 5 6 7 8 9 4870 1 2 3 4 5 6 7 8 9 4880

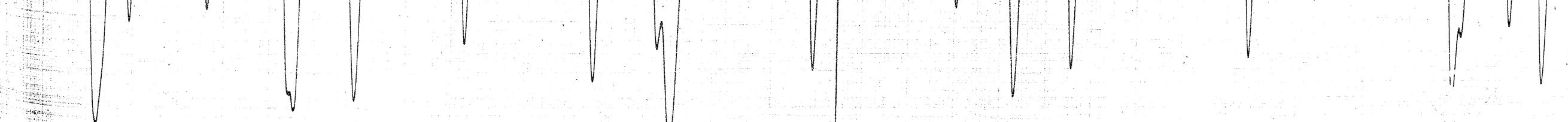
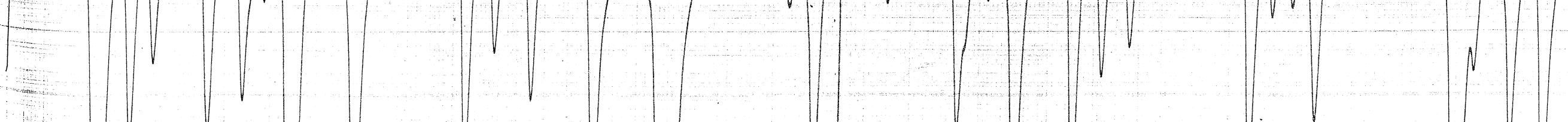
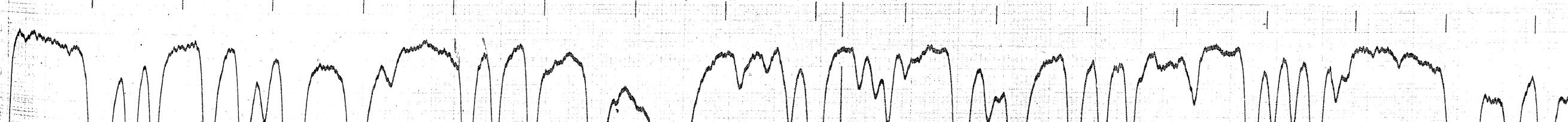
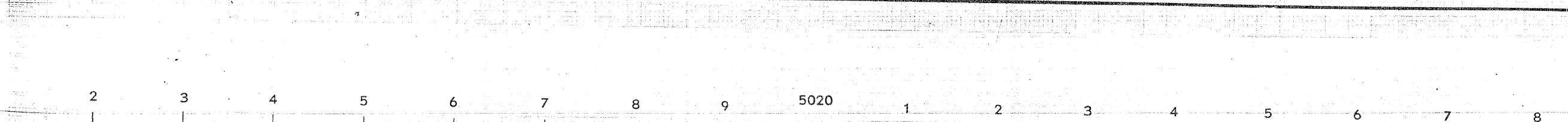
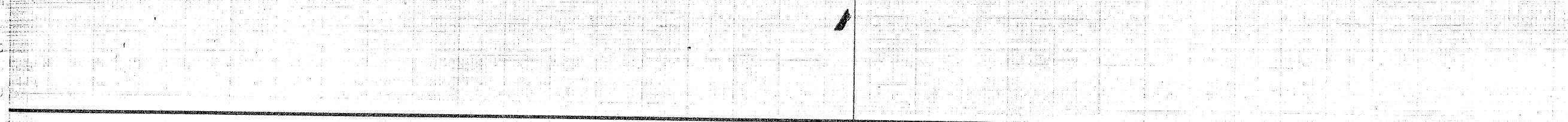
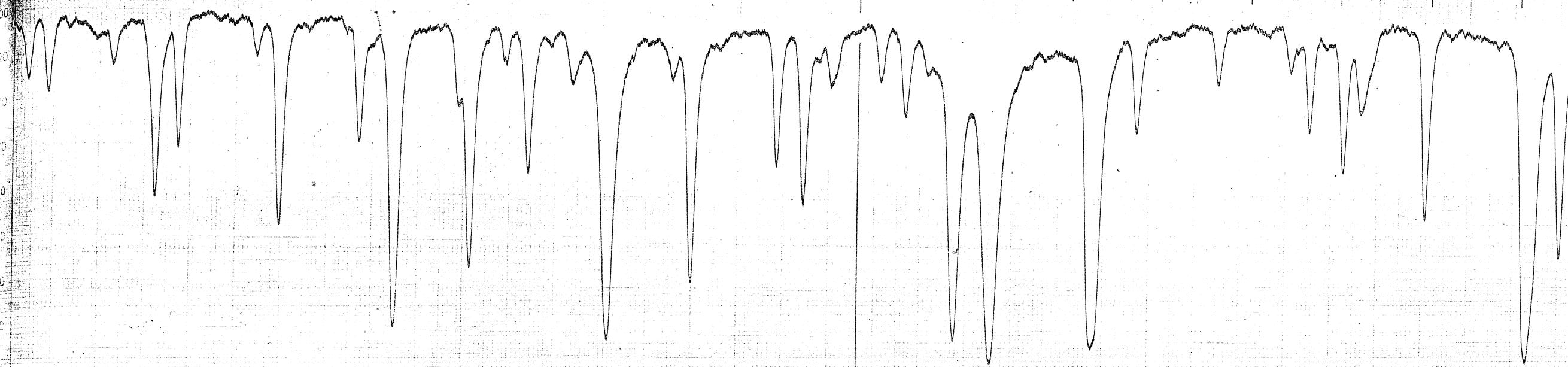


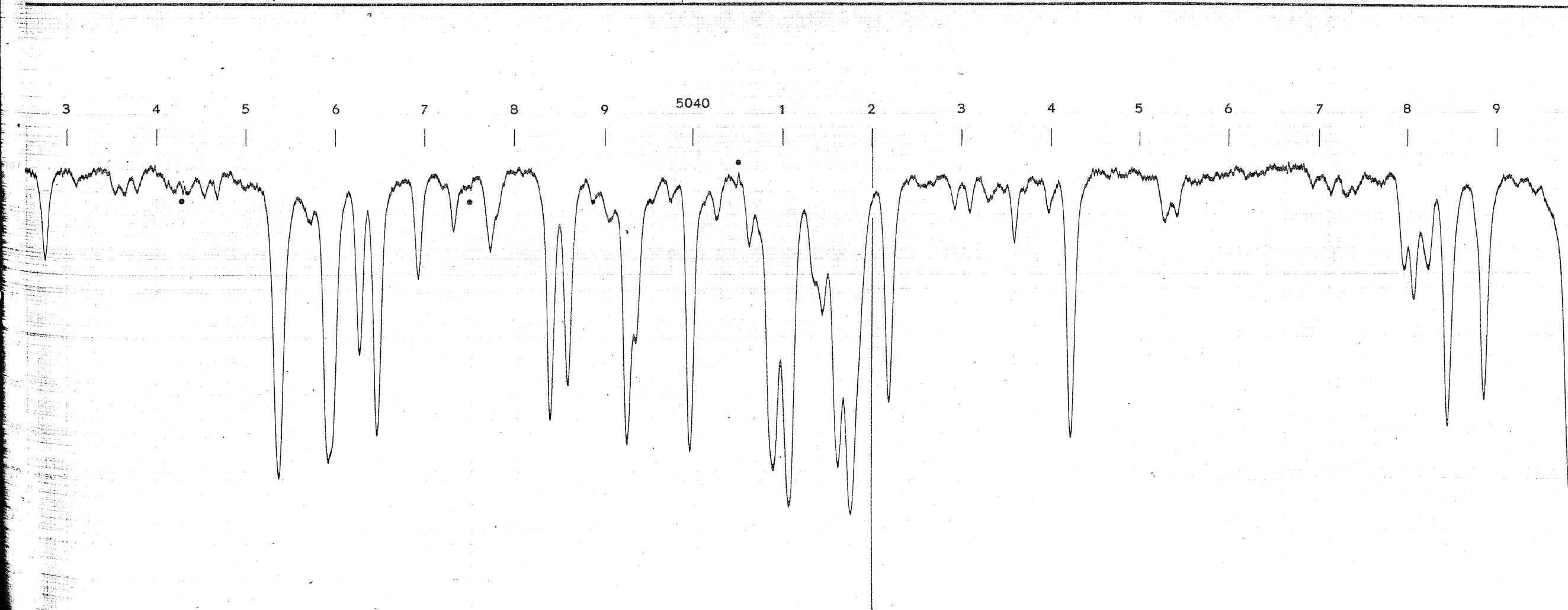


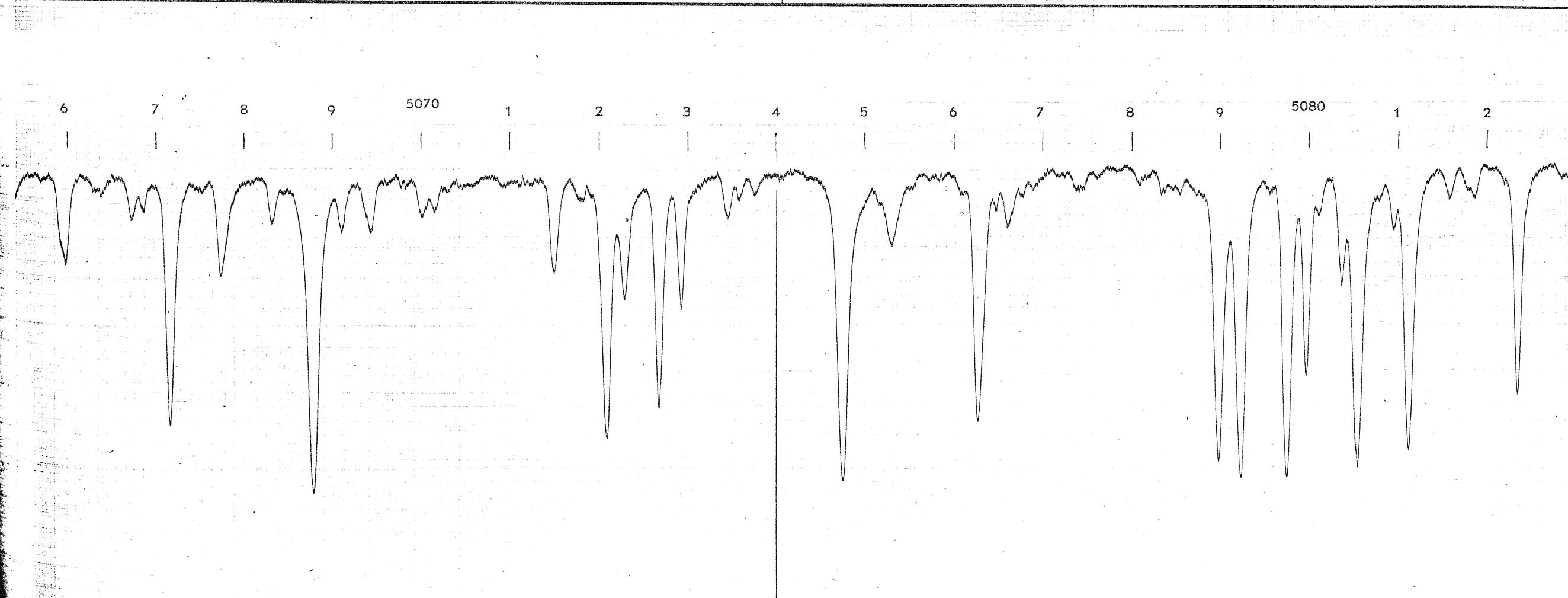
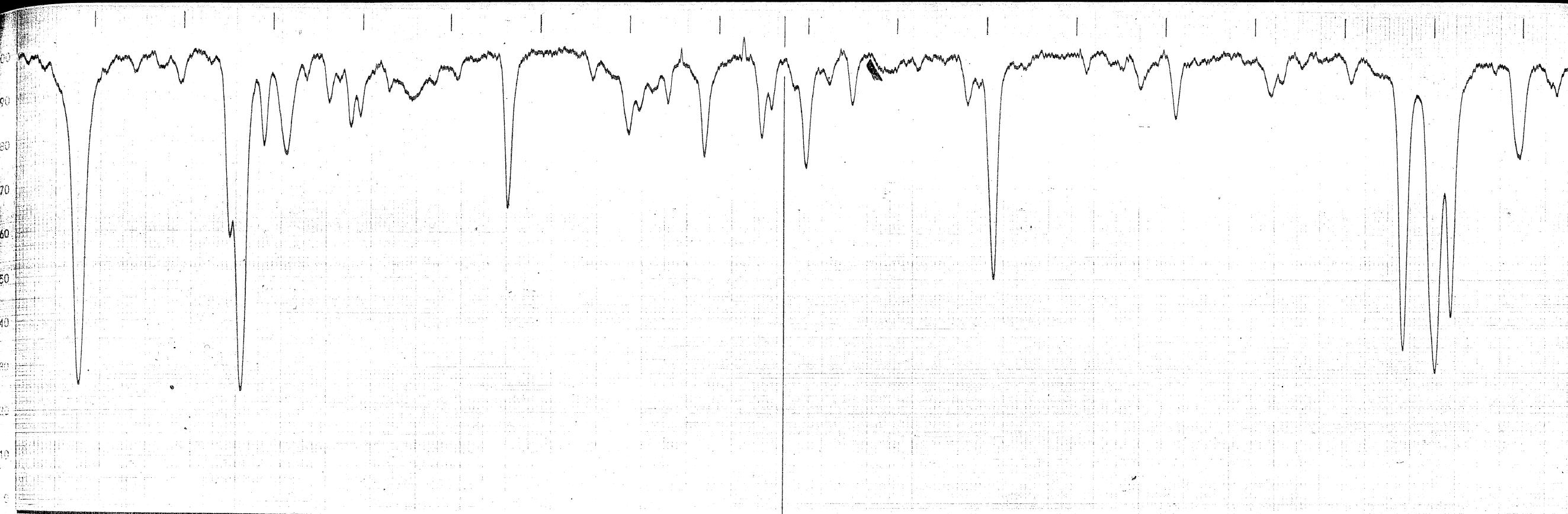


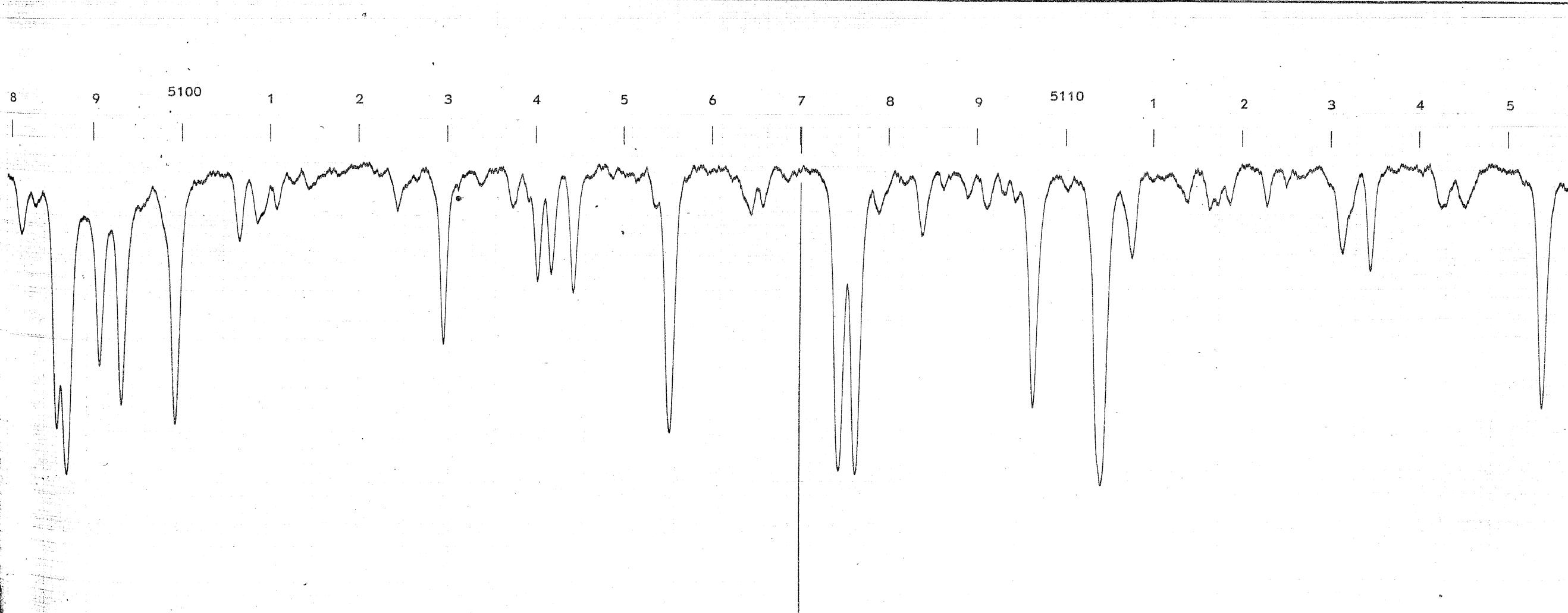
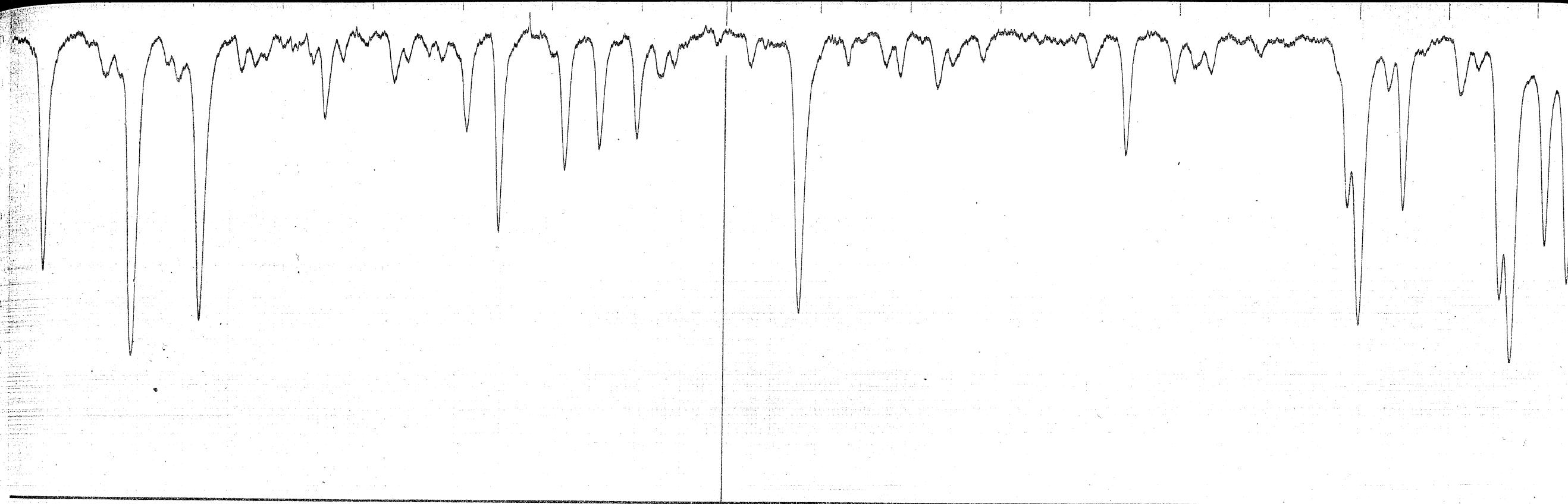


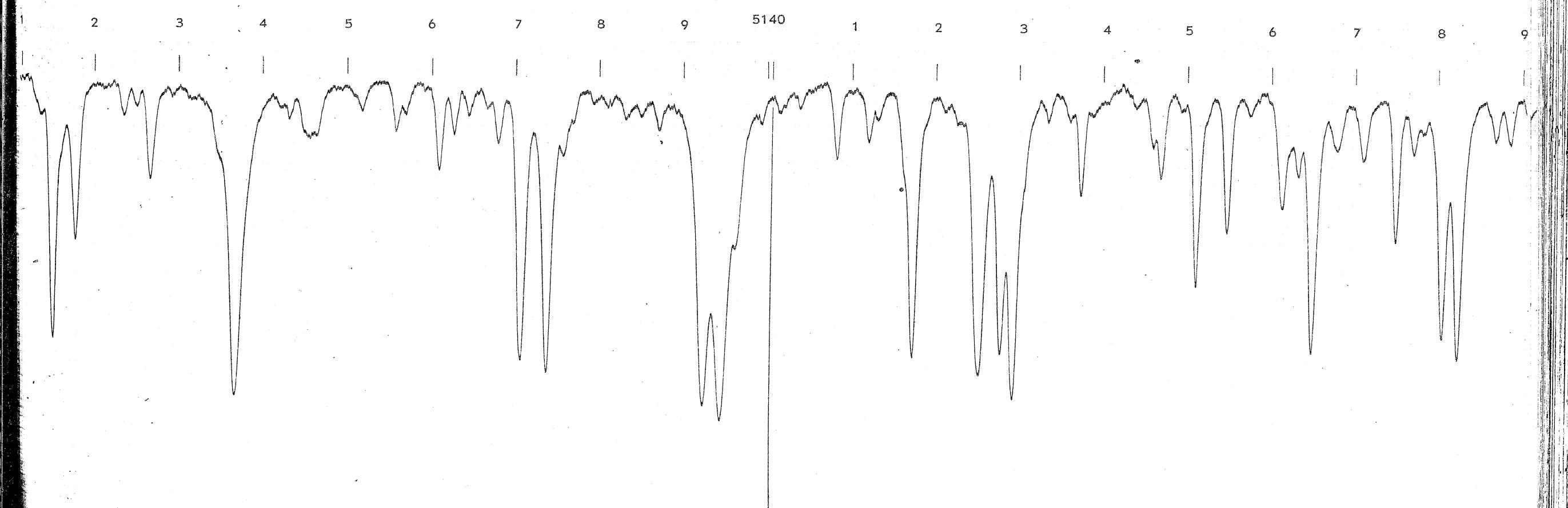
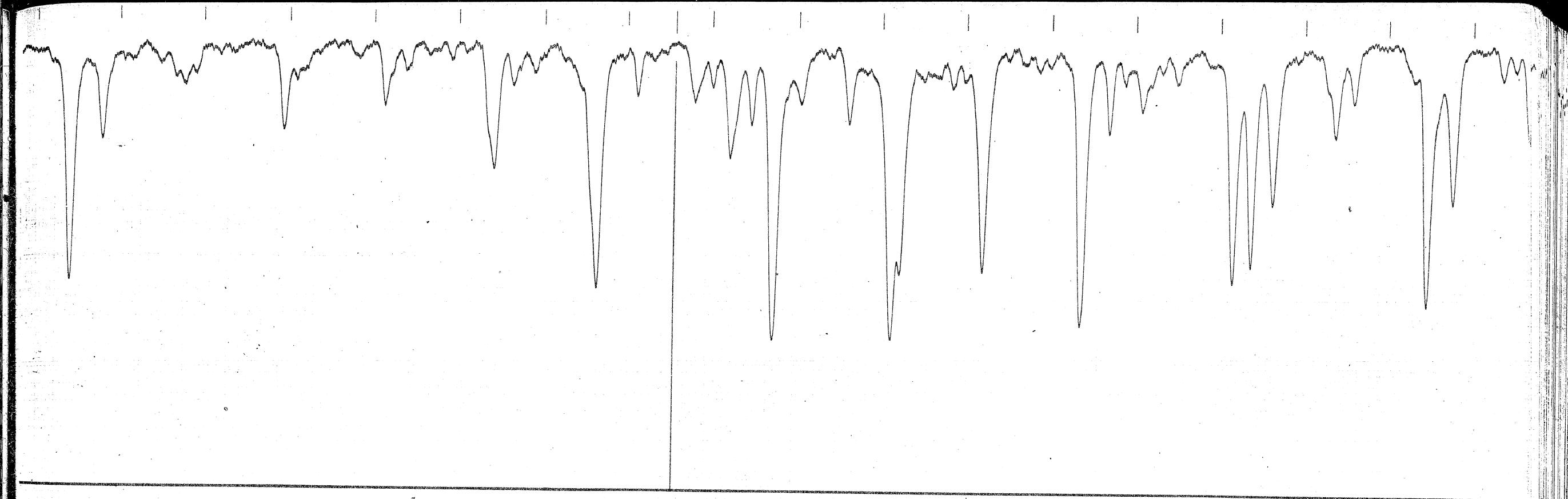


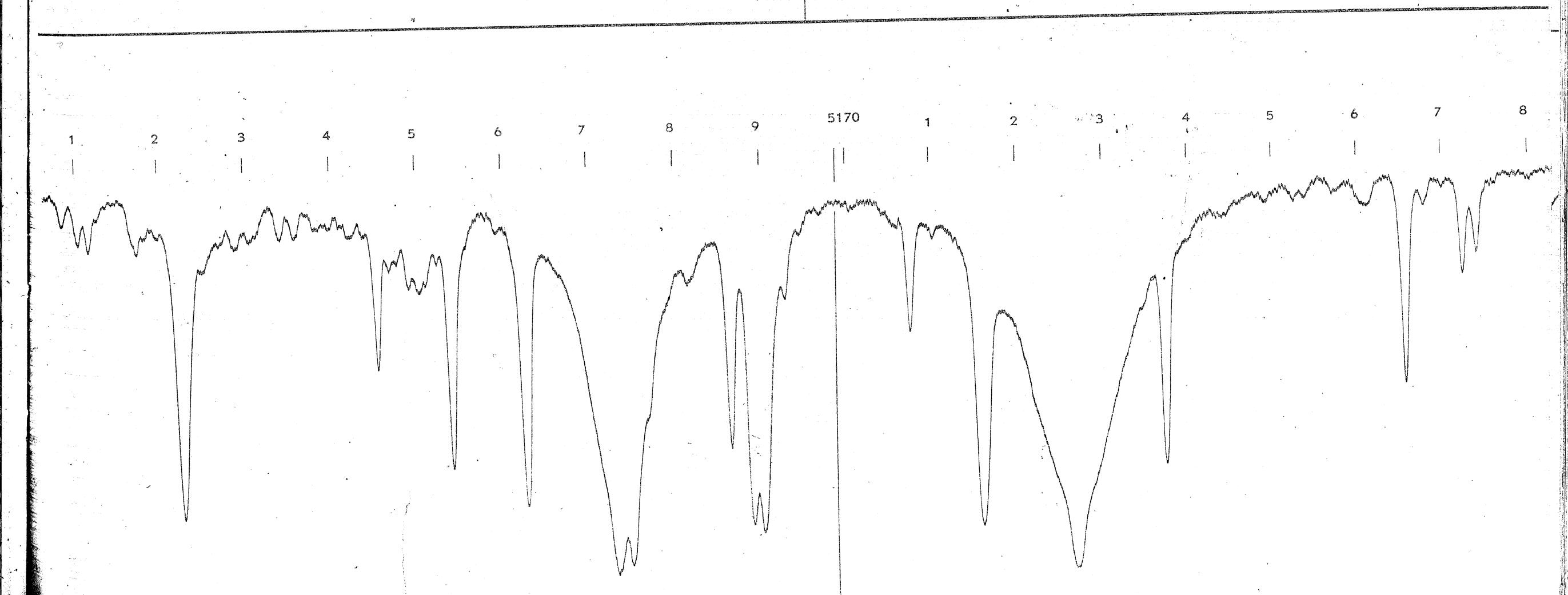
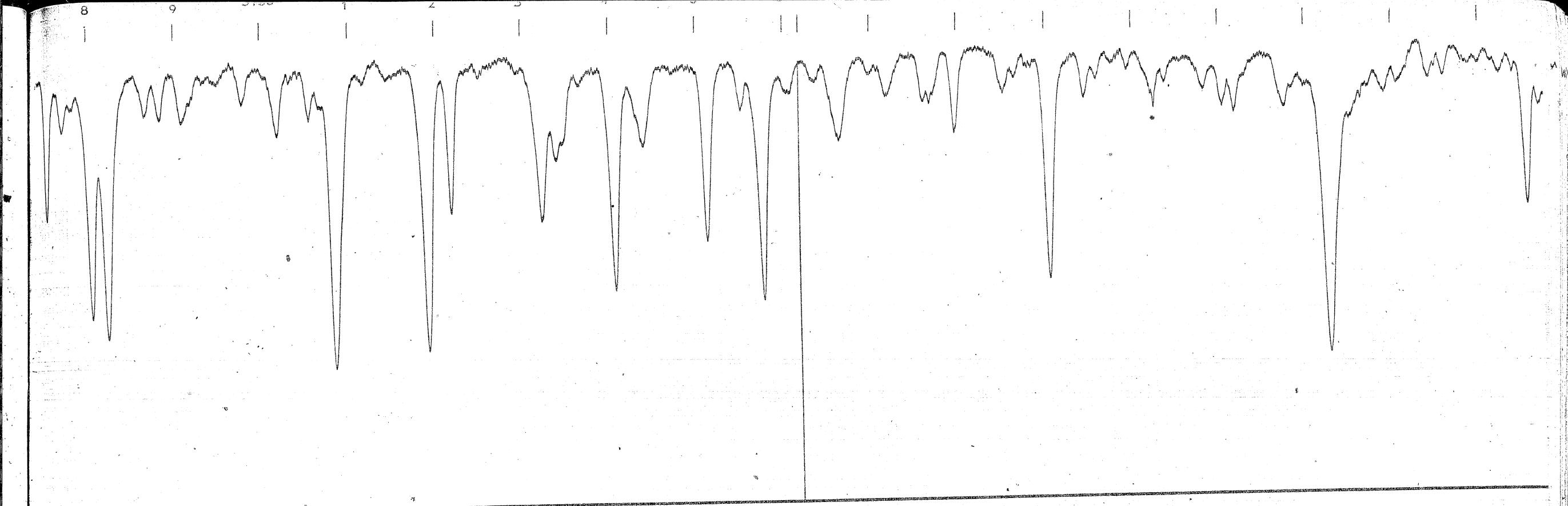


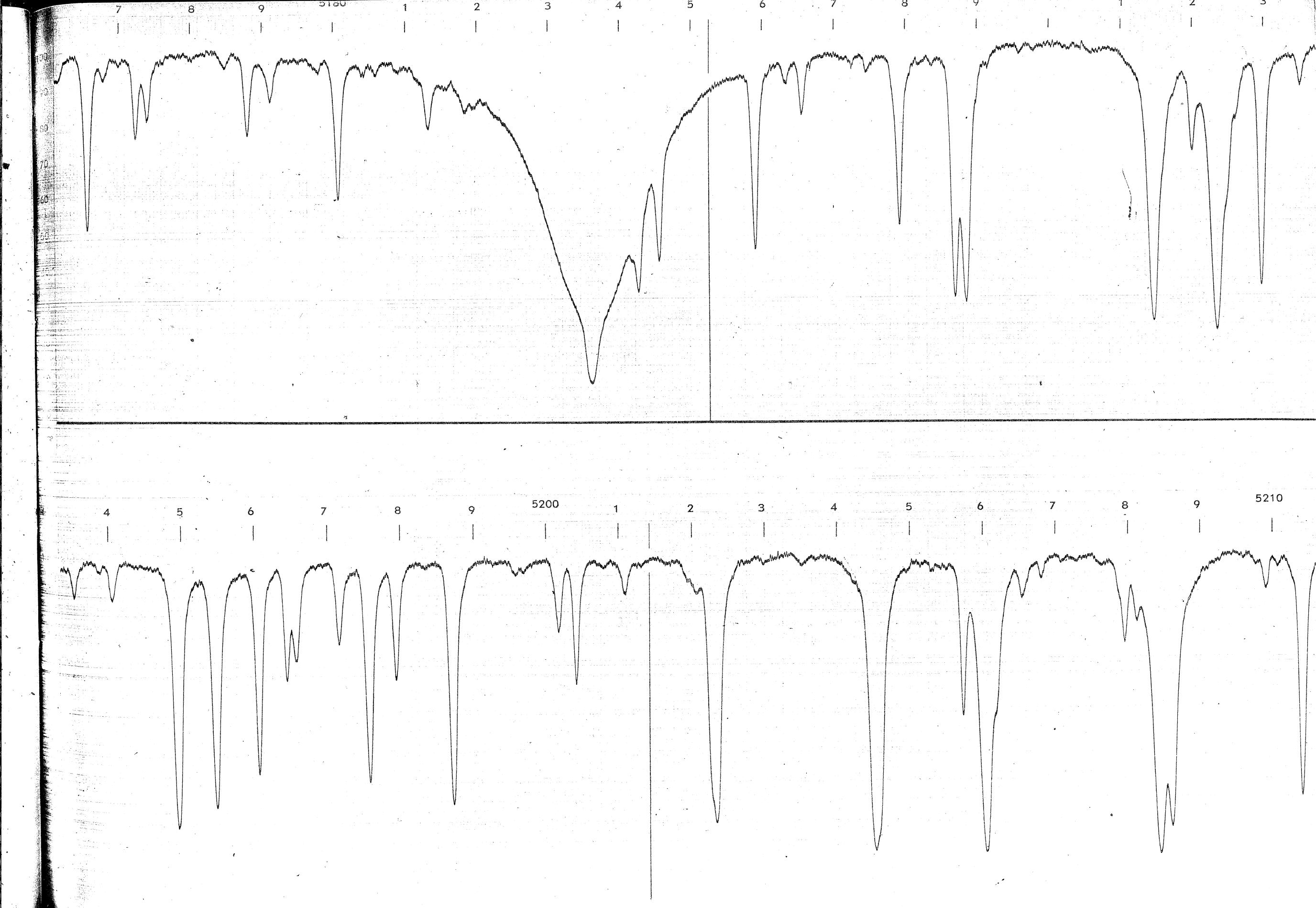






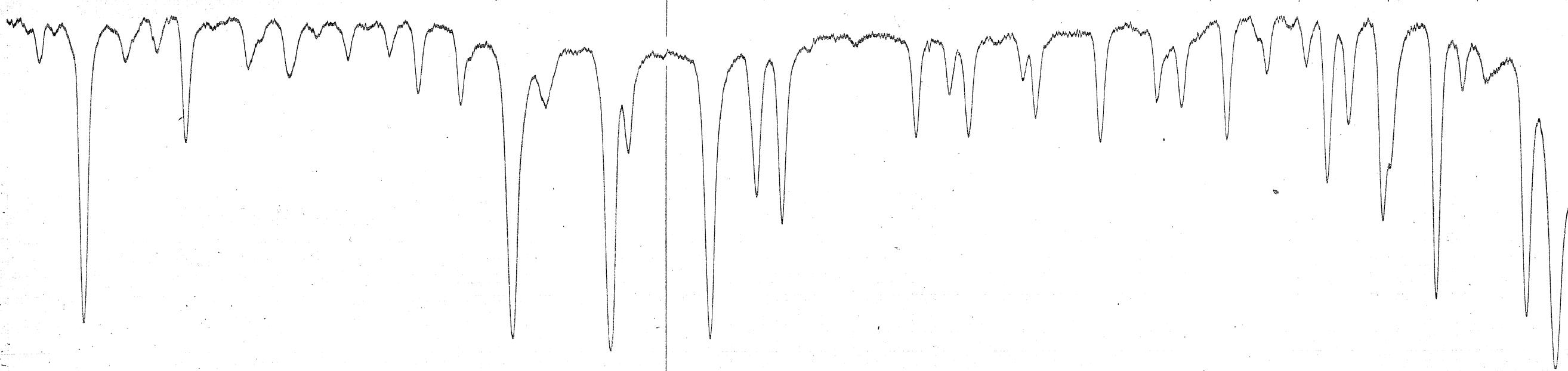




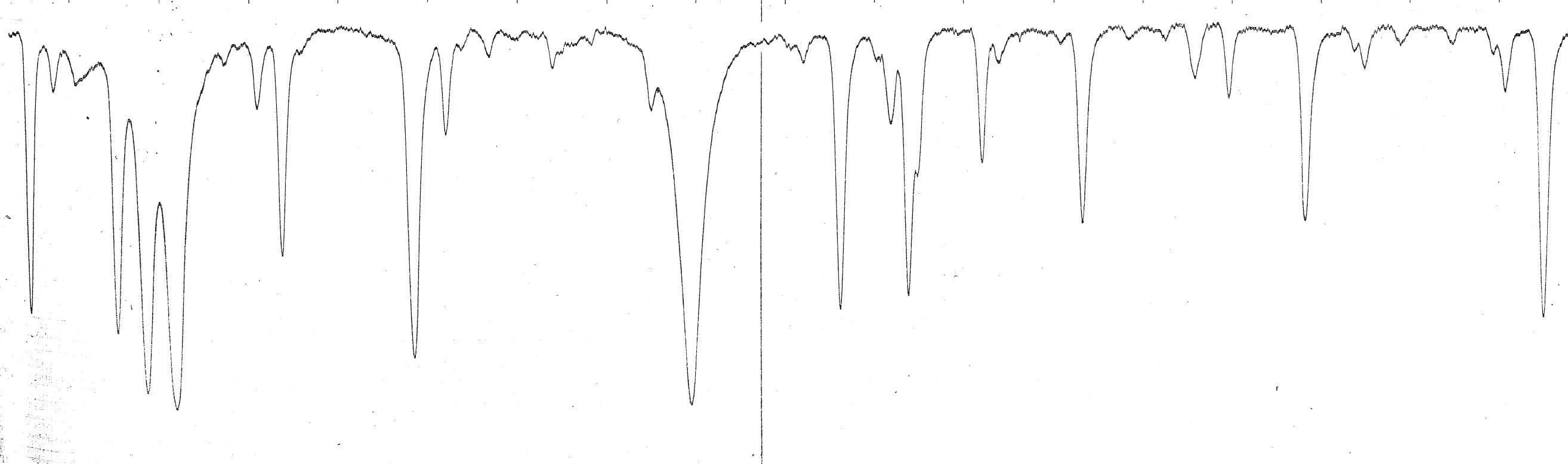


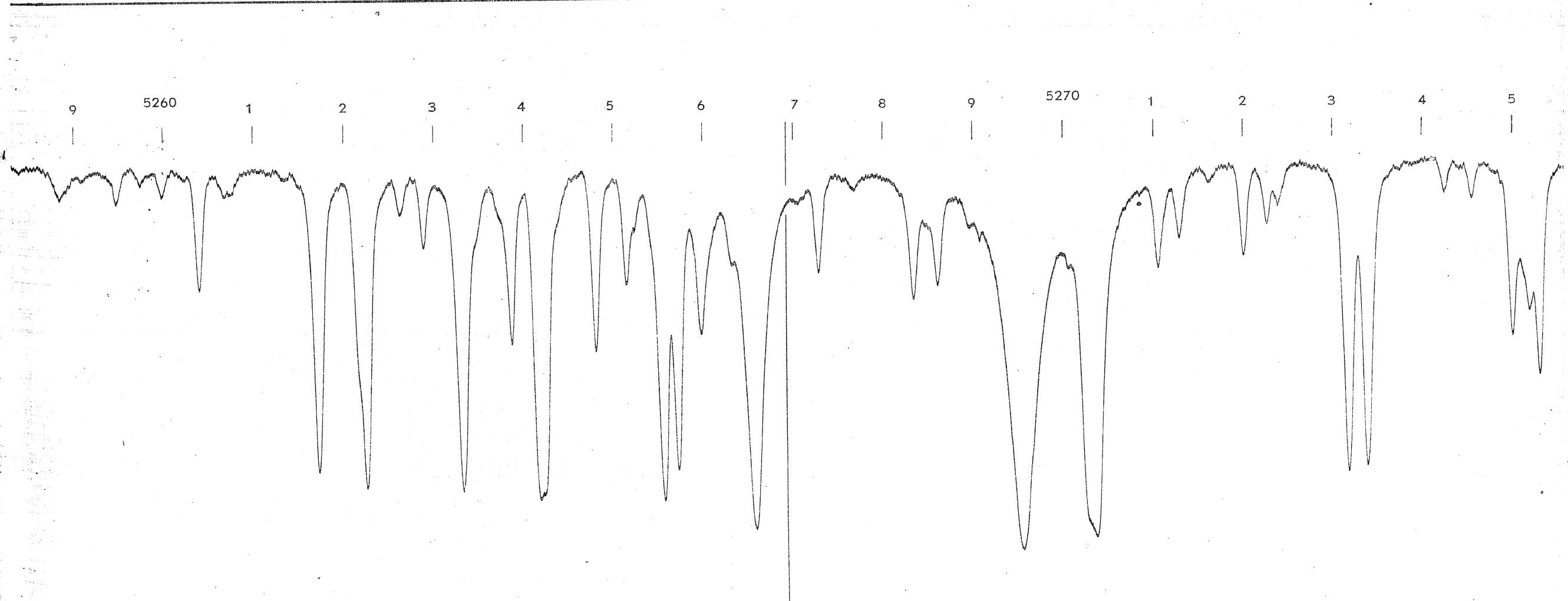
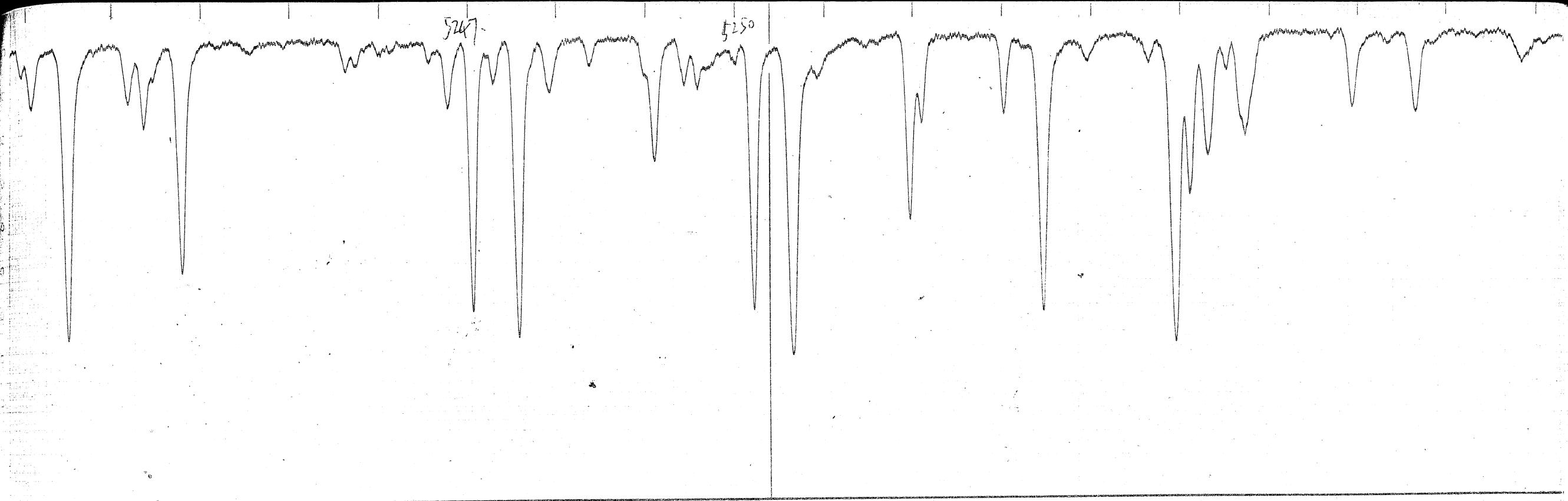
5240

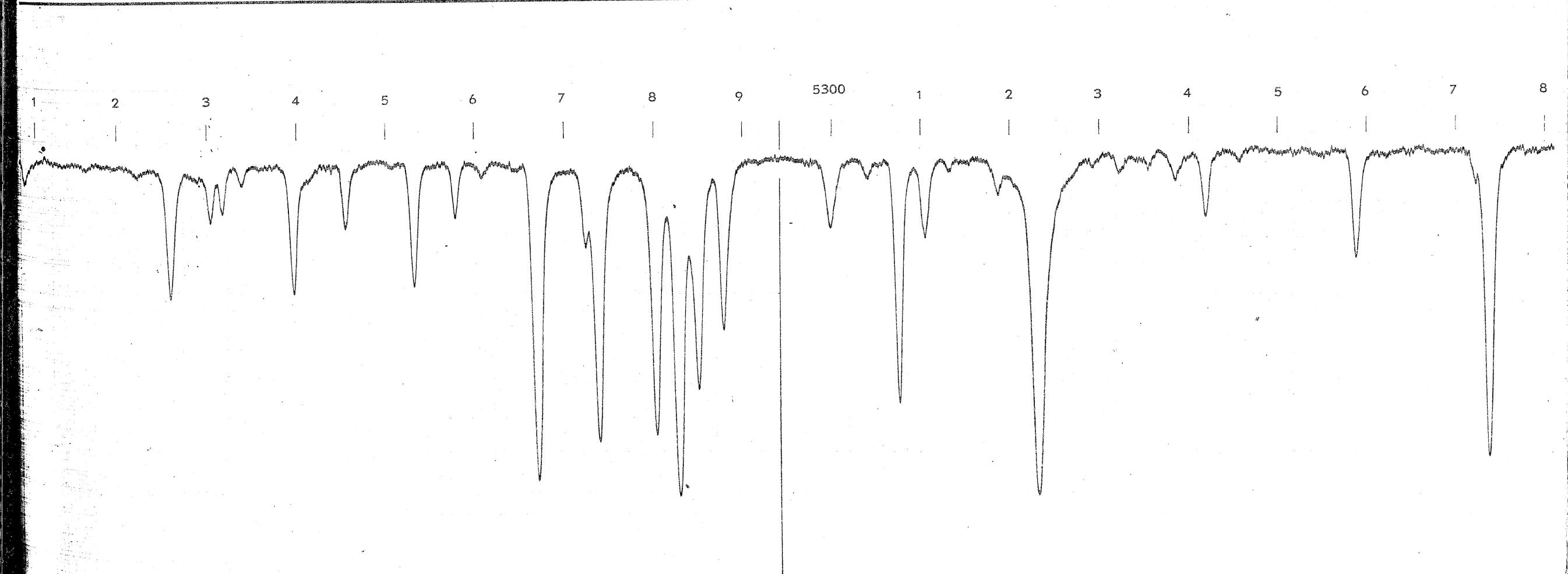
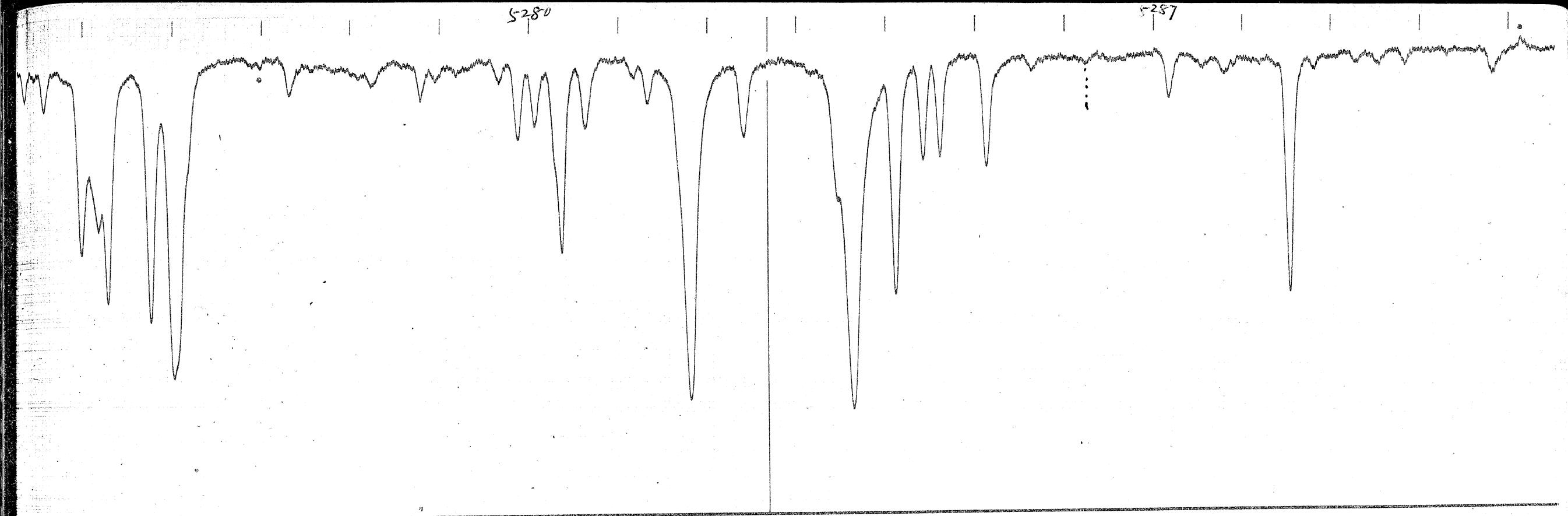
5213

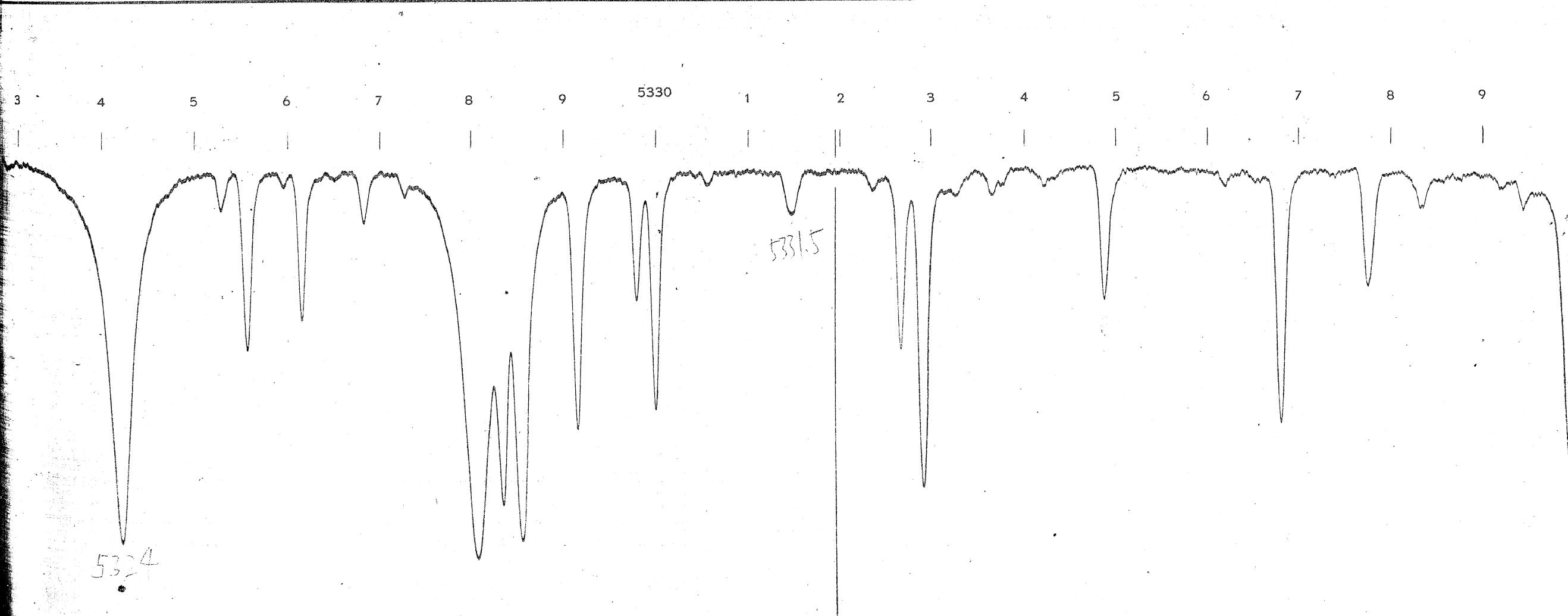
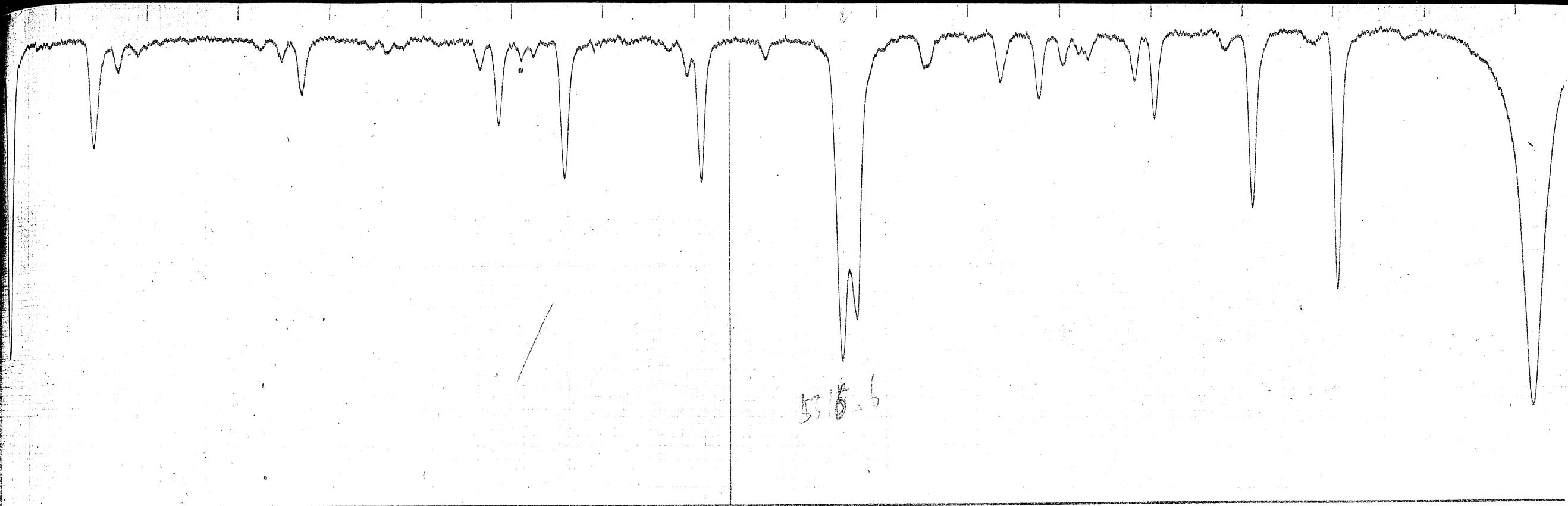


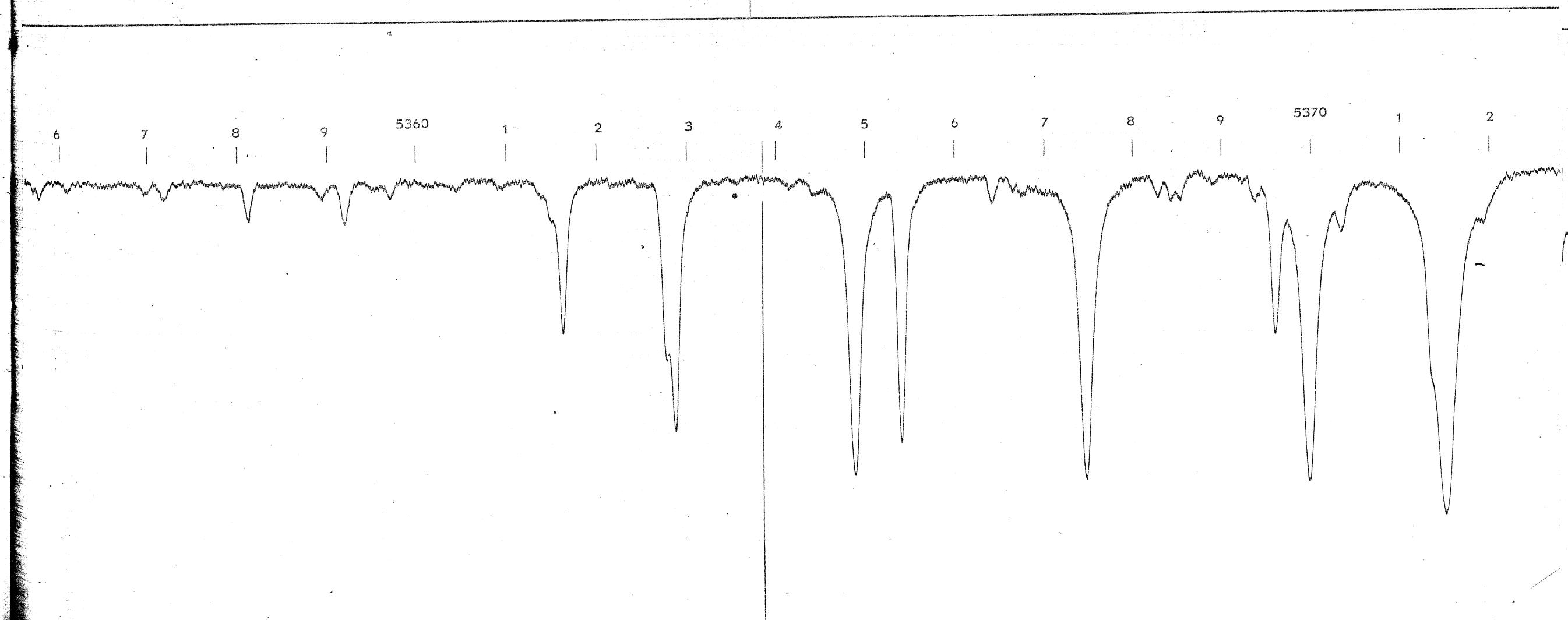
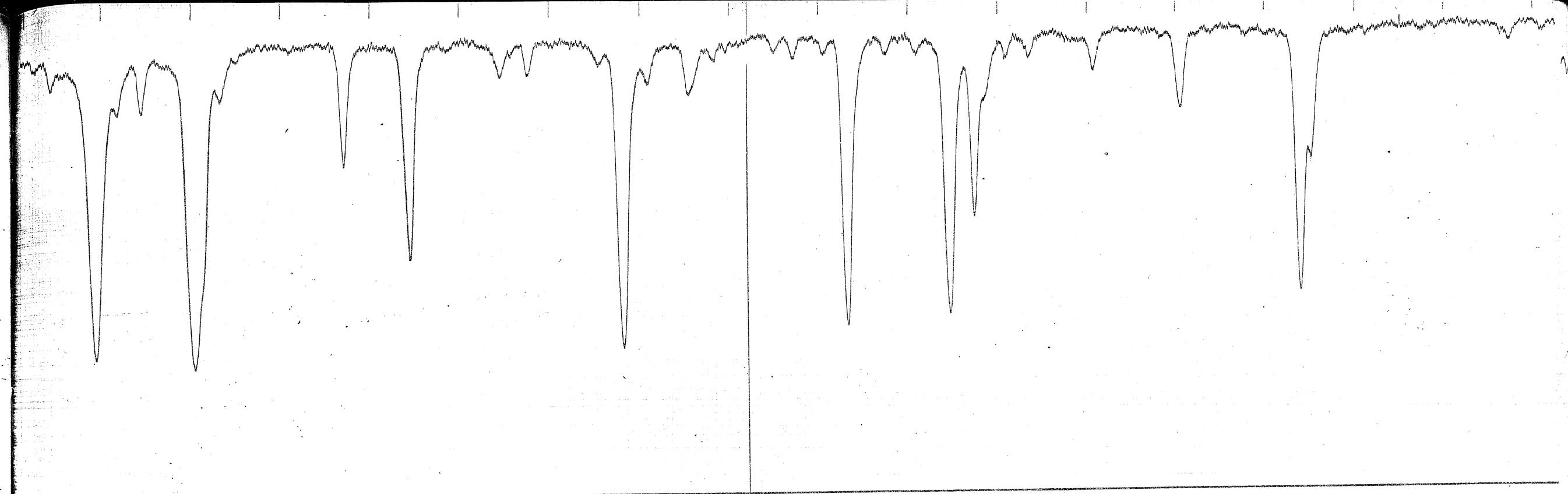
6 7 8 9 5230 1 2 3 4 5 6 7 8 9 5240 1 2

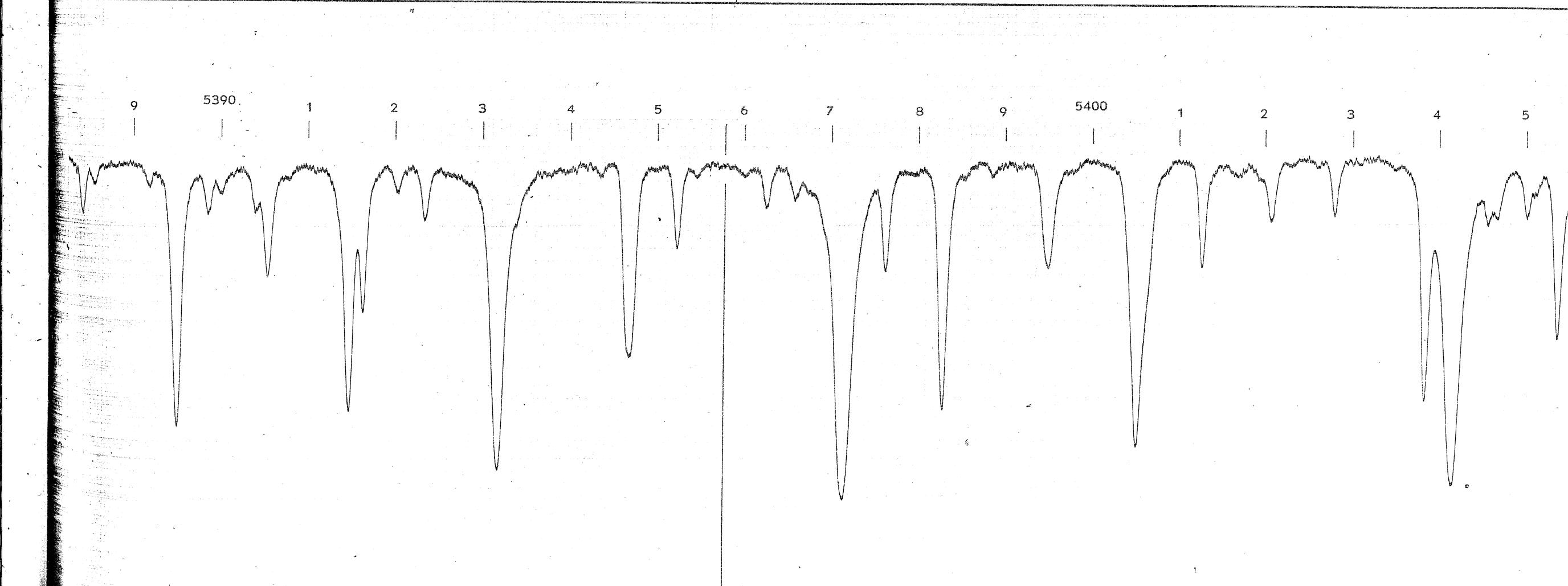
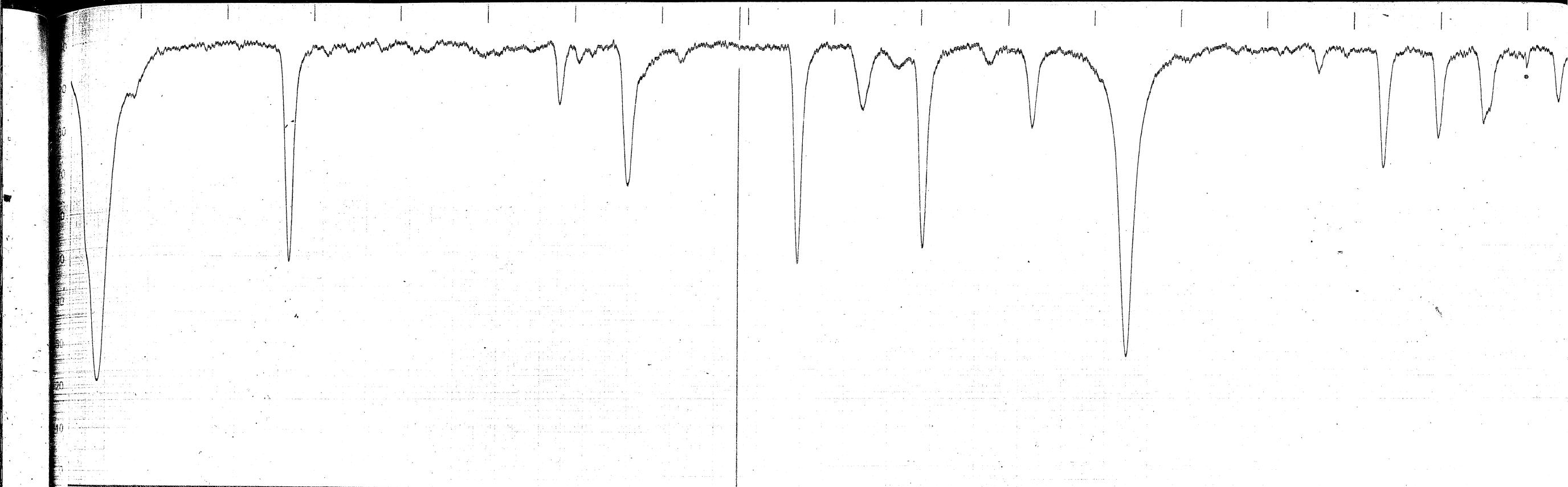


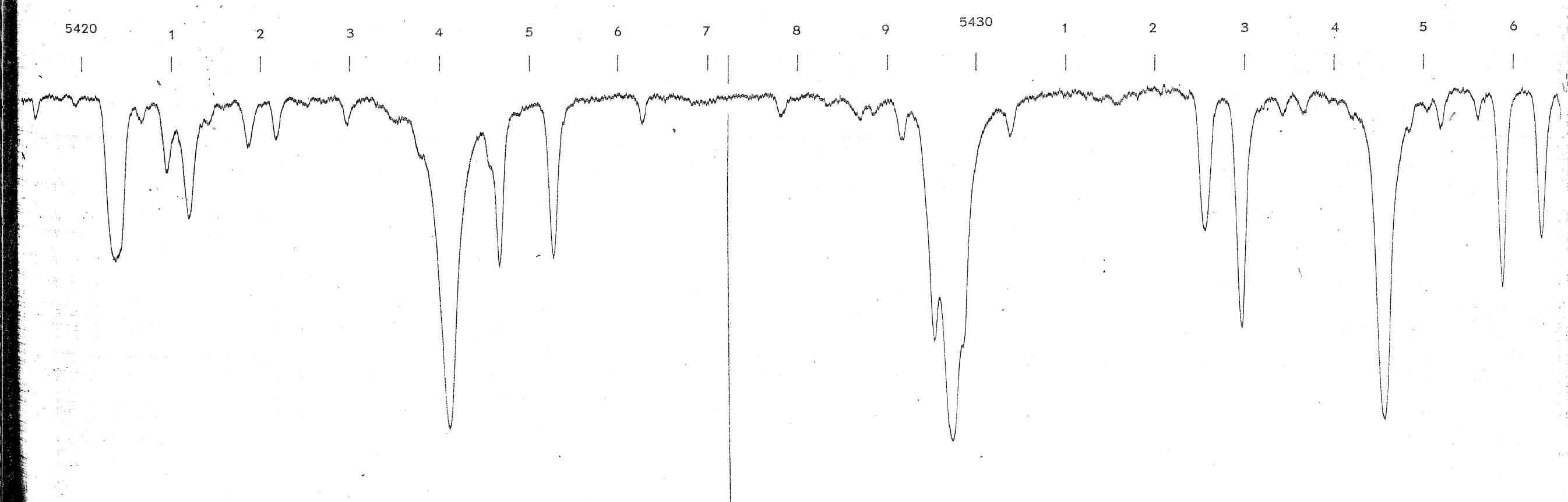
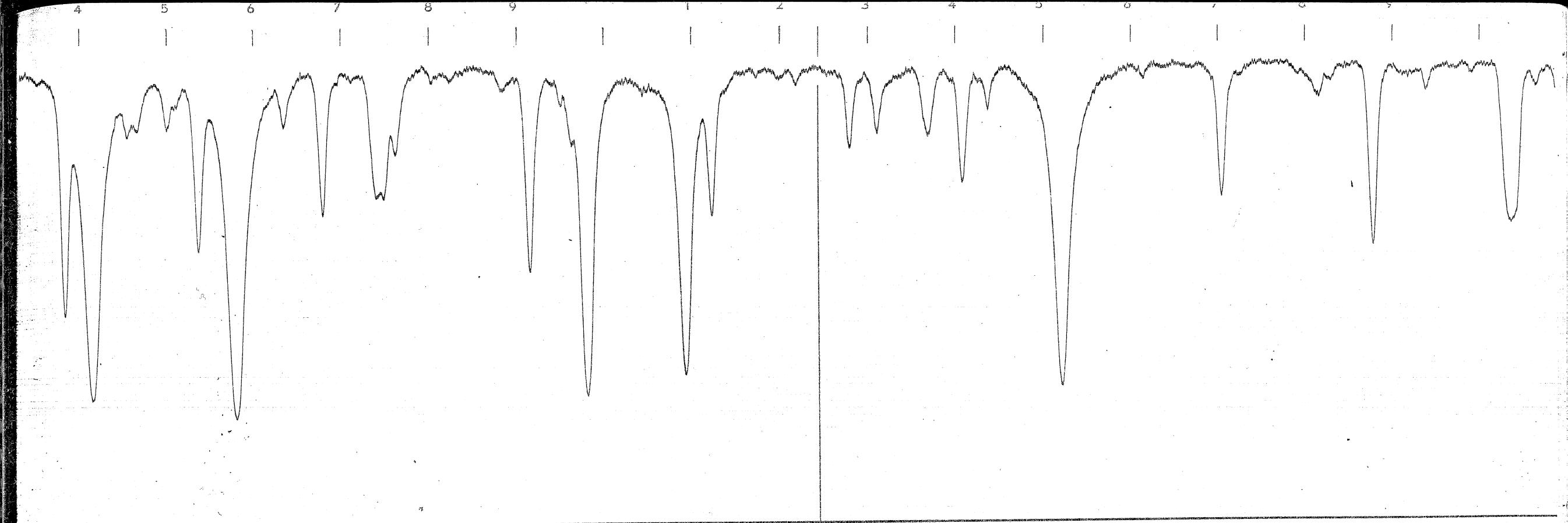


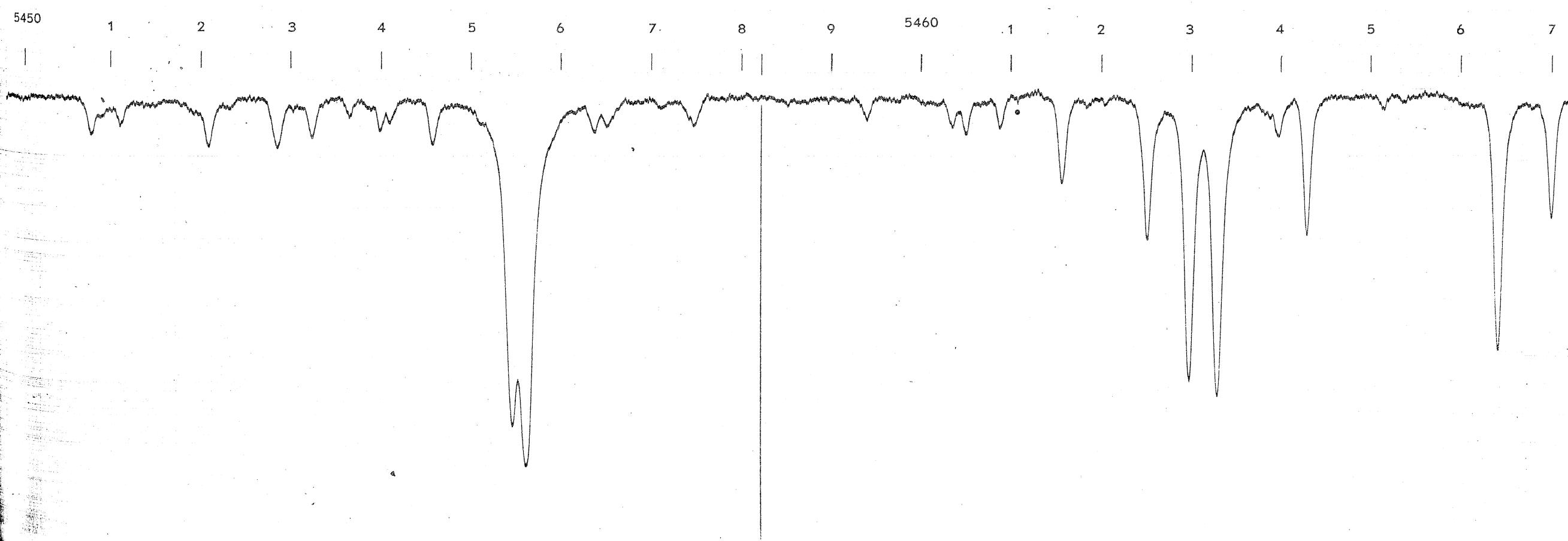
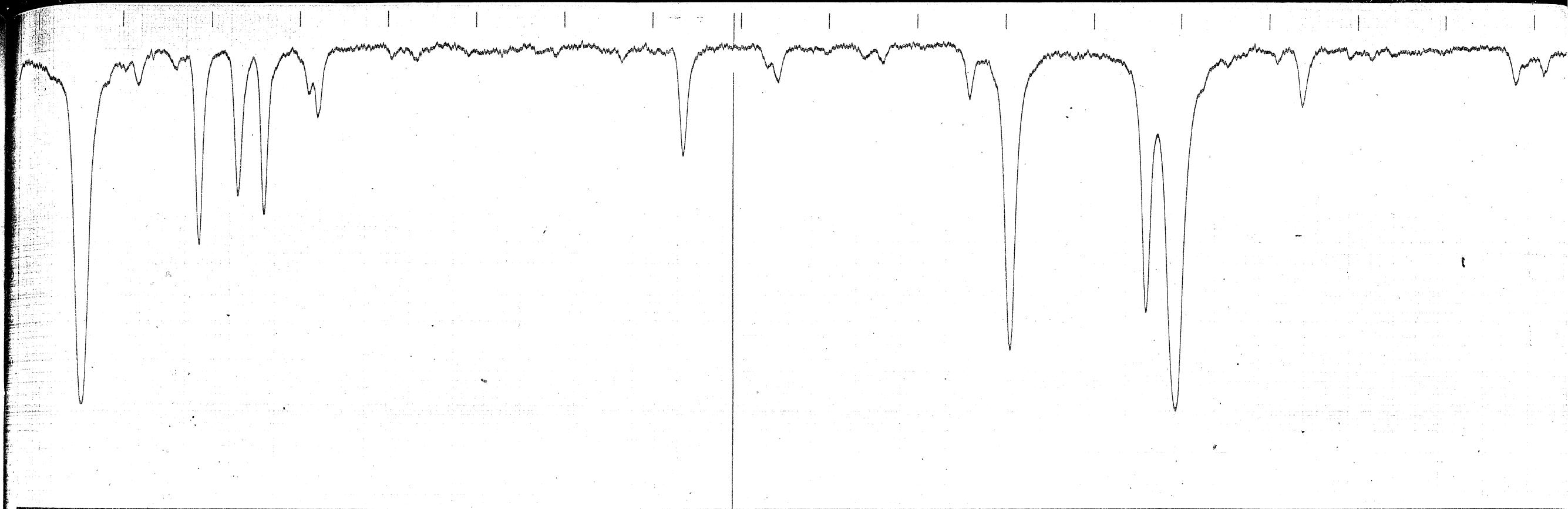


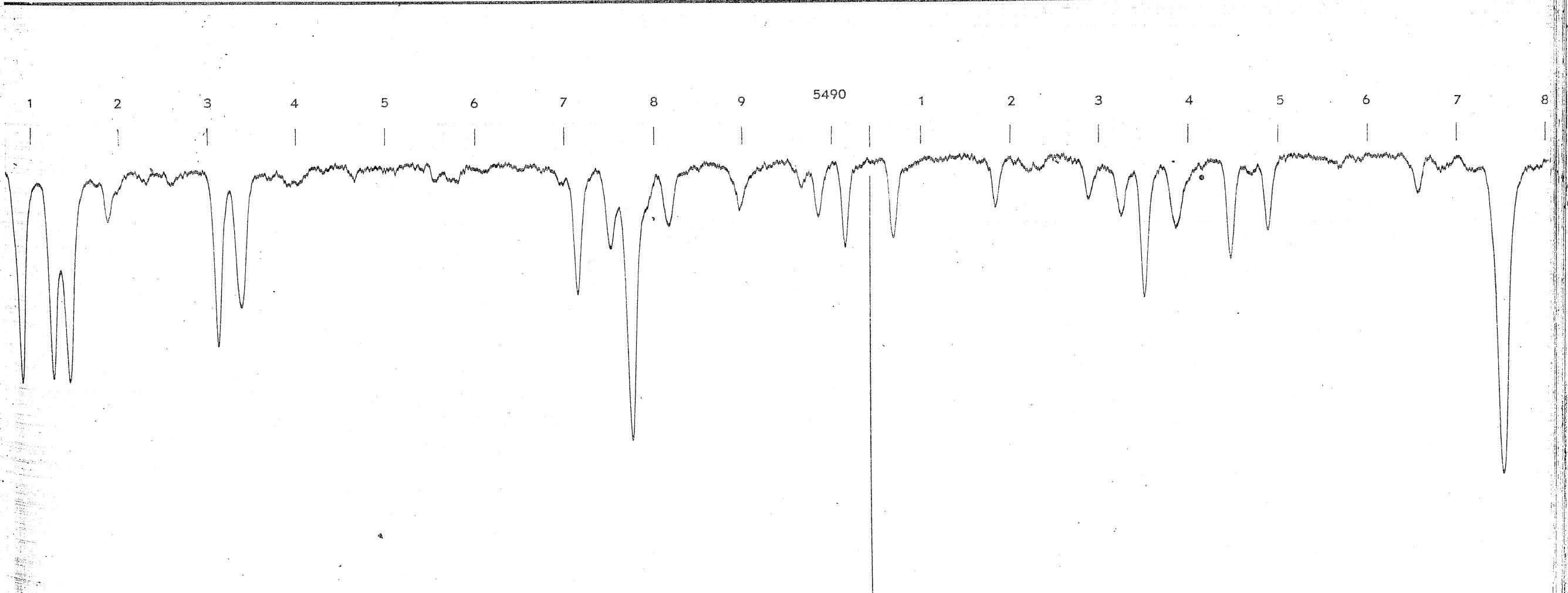
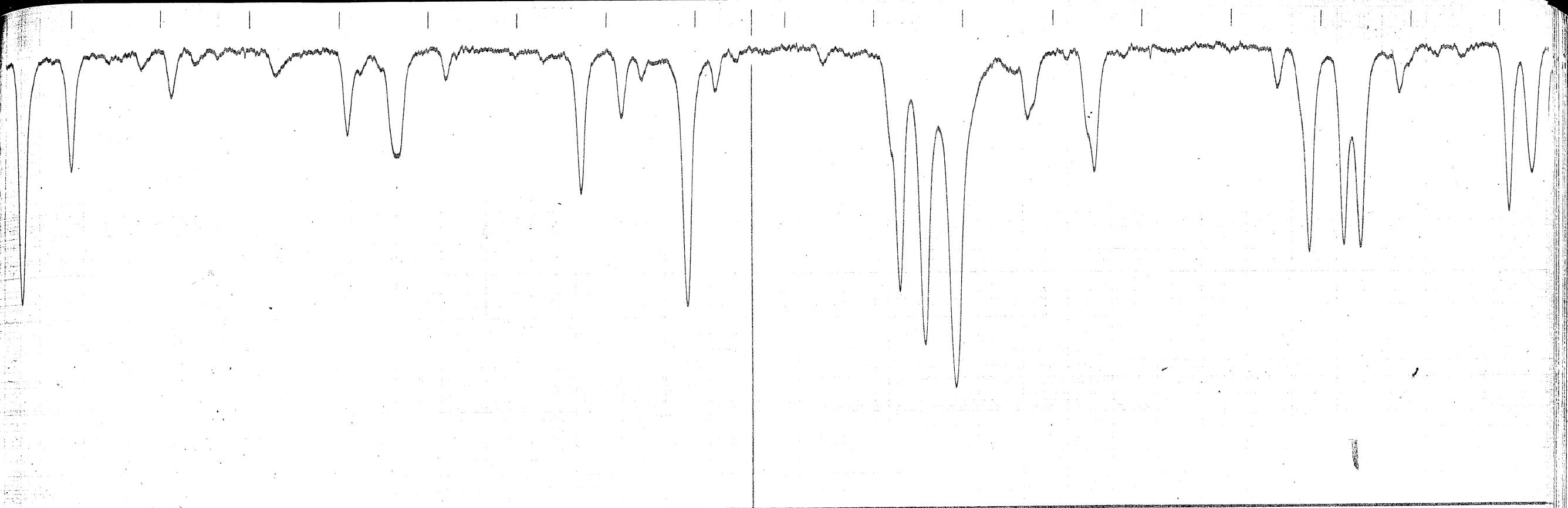


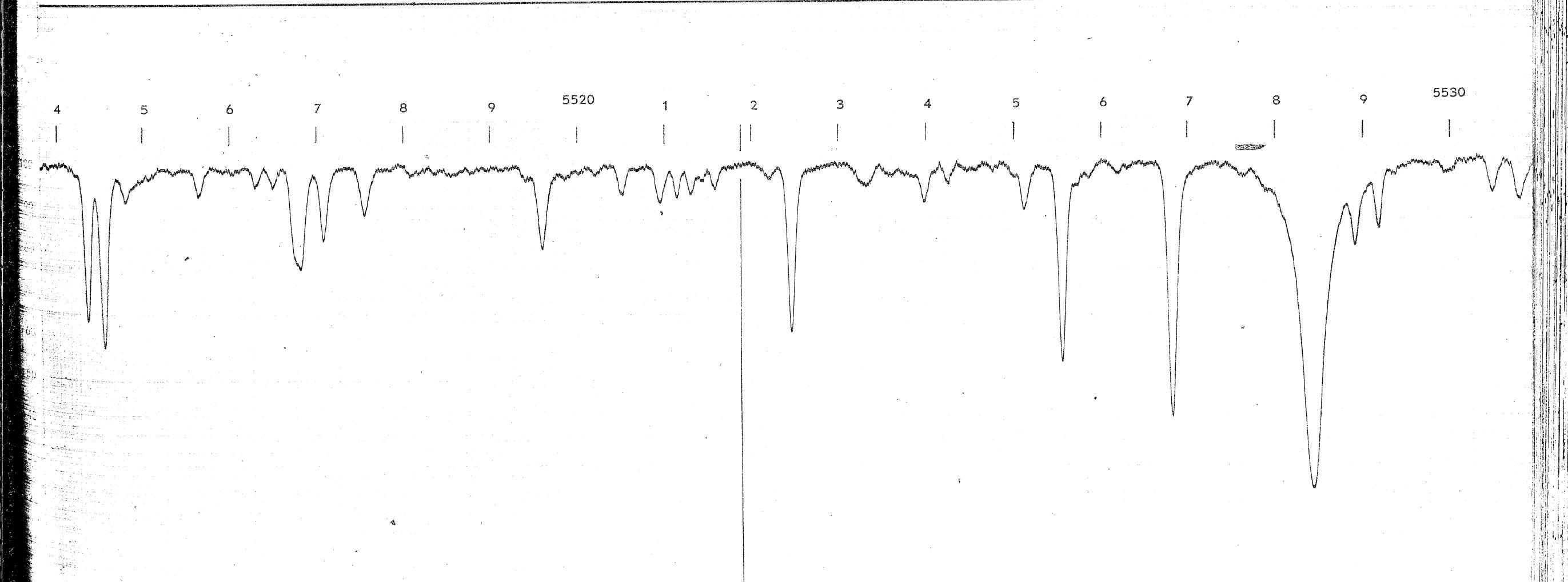
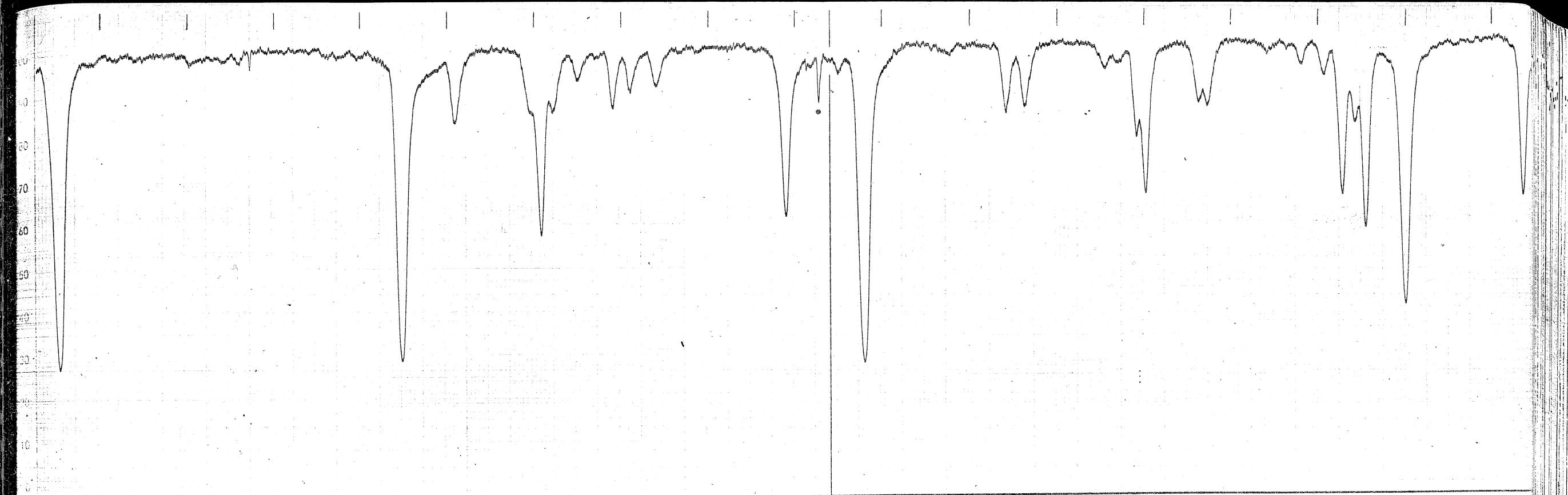


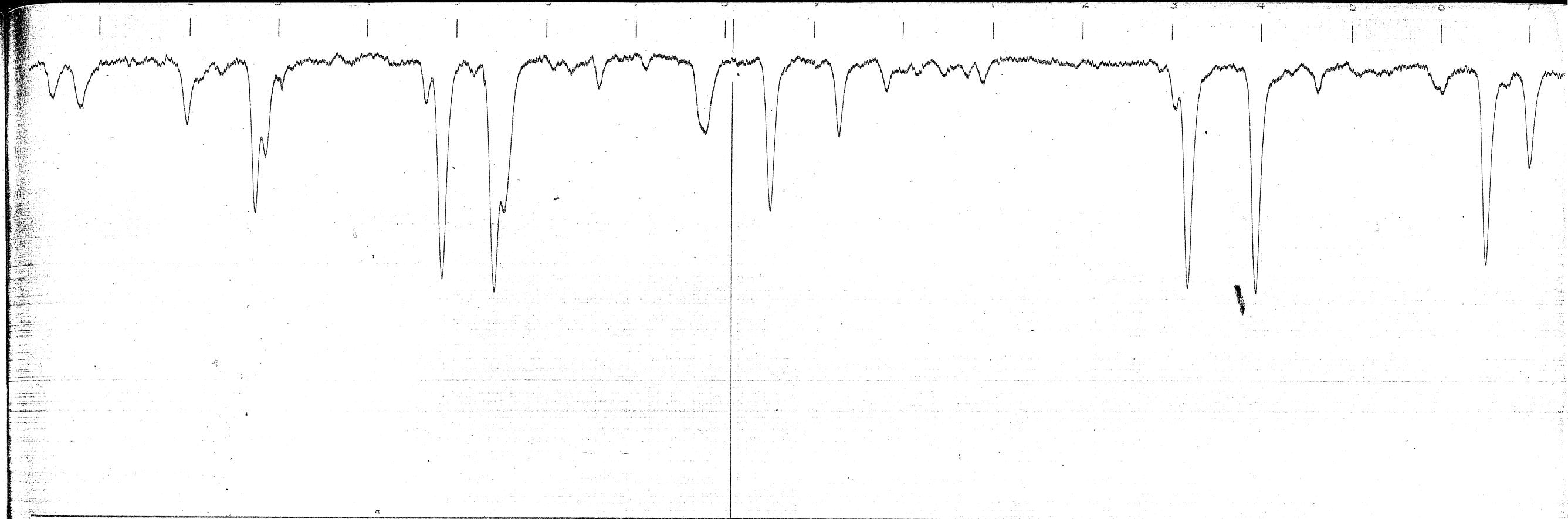




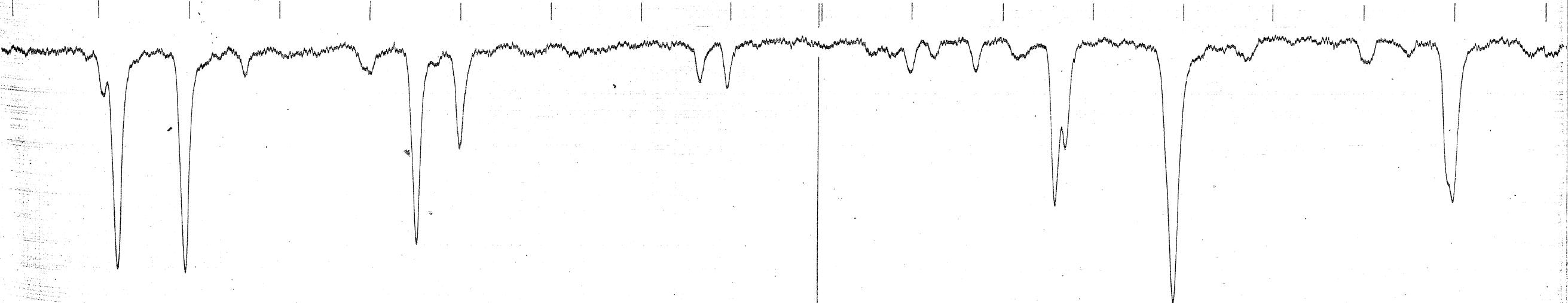


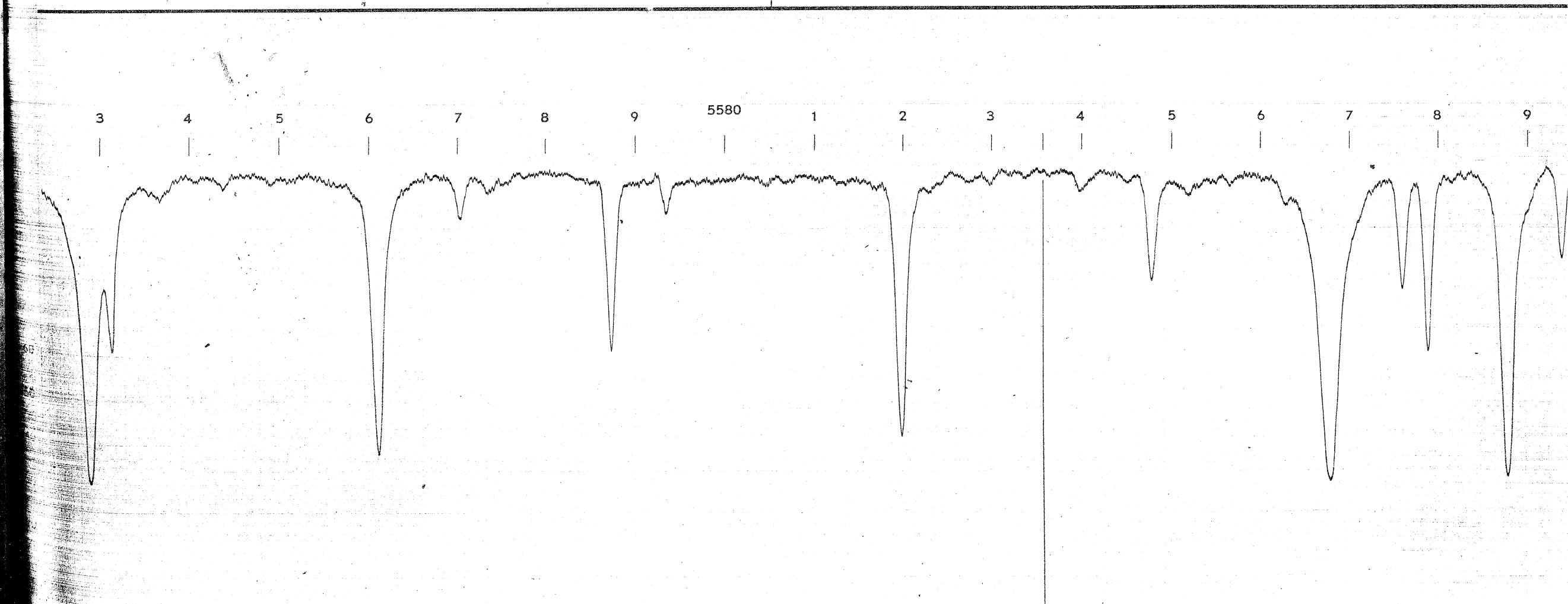
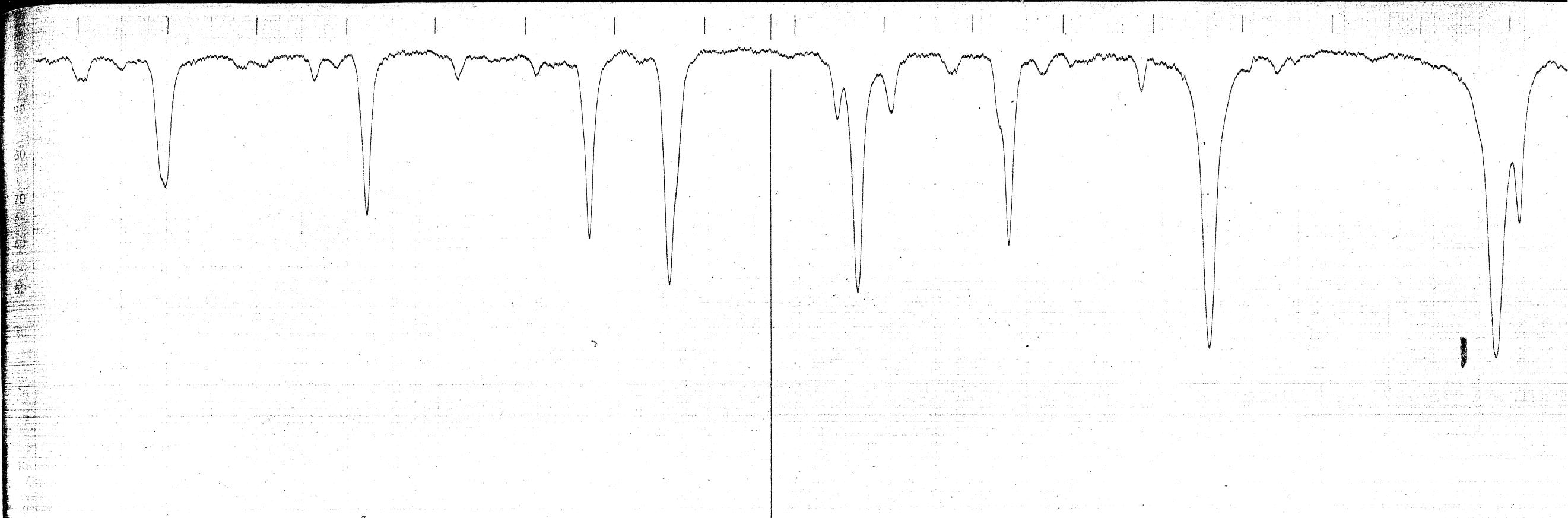


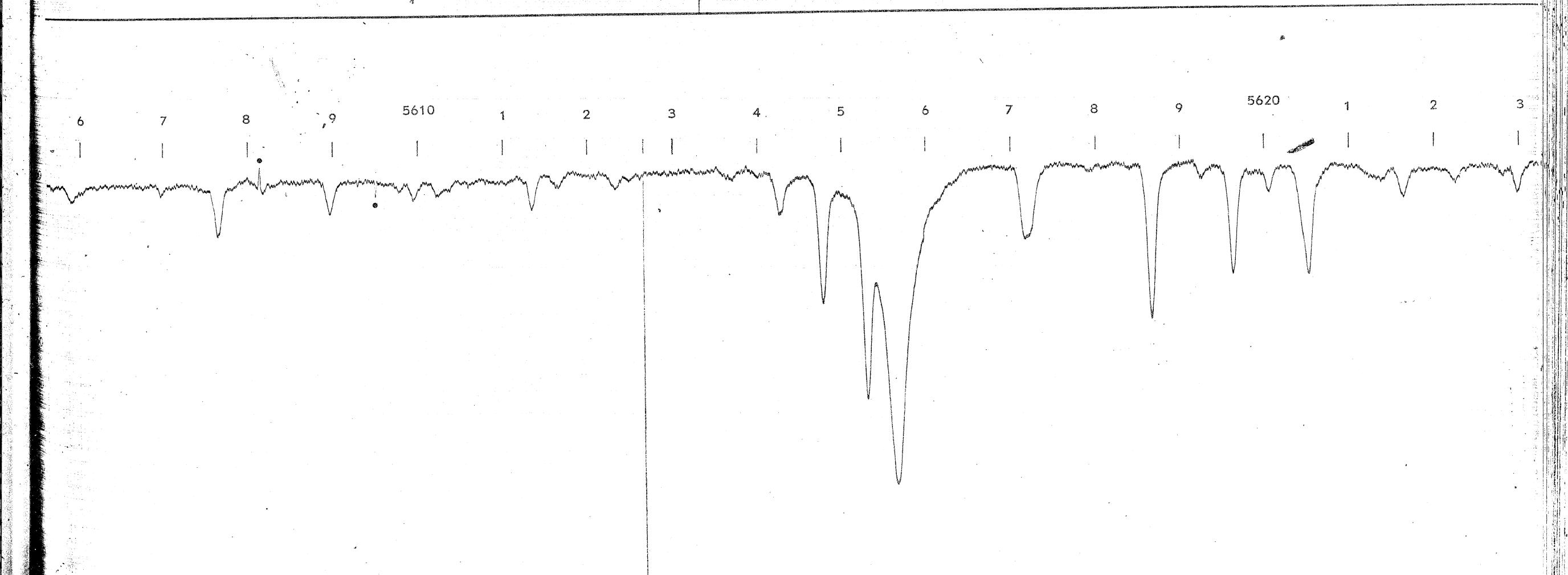
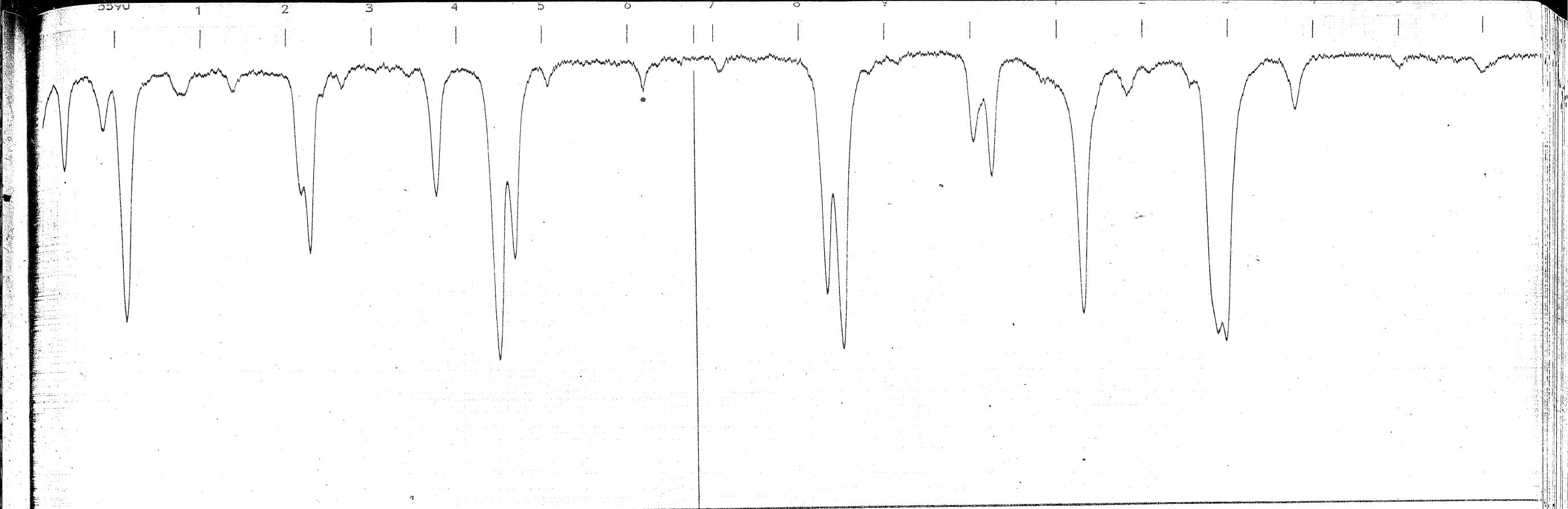


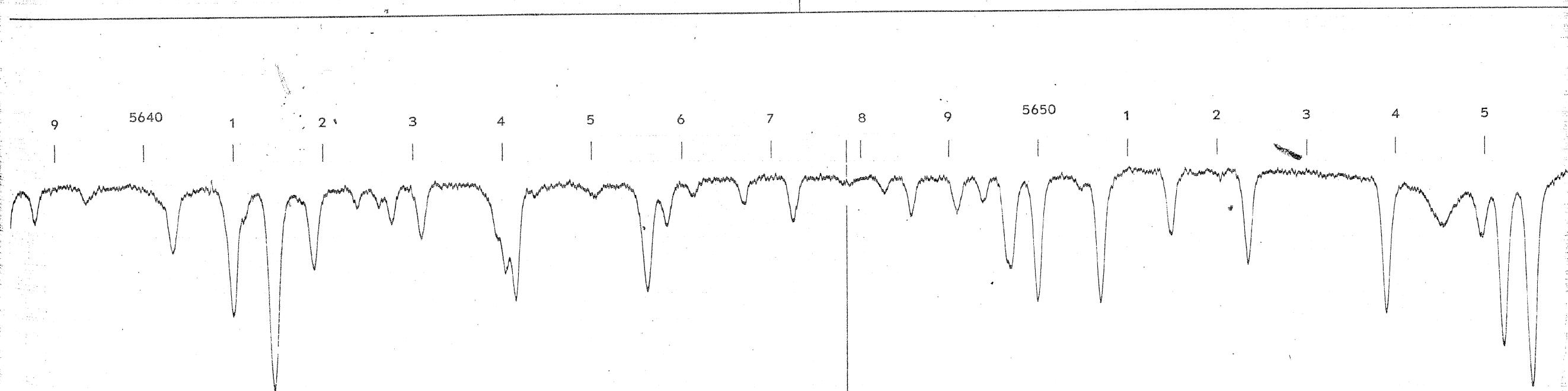
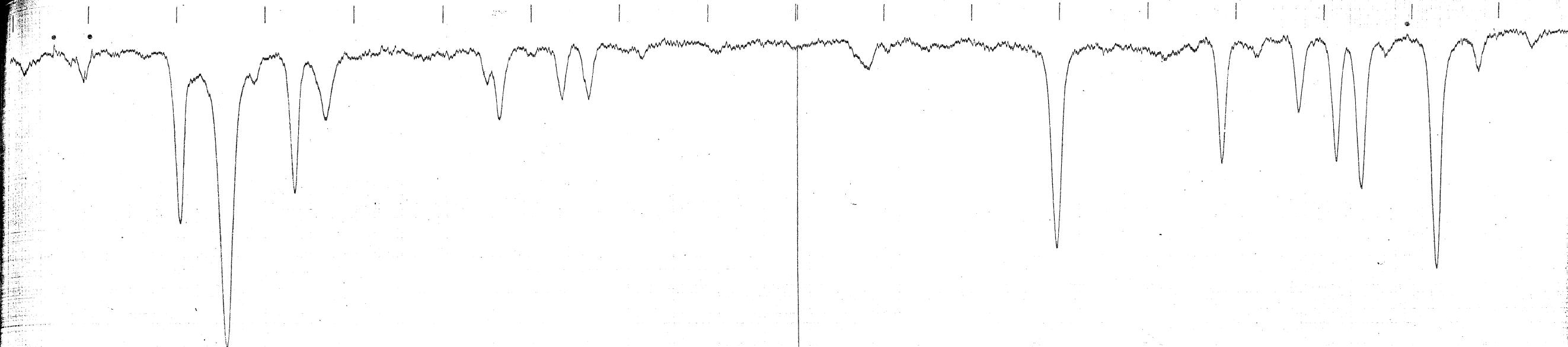


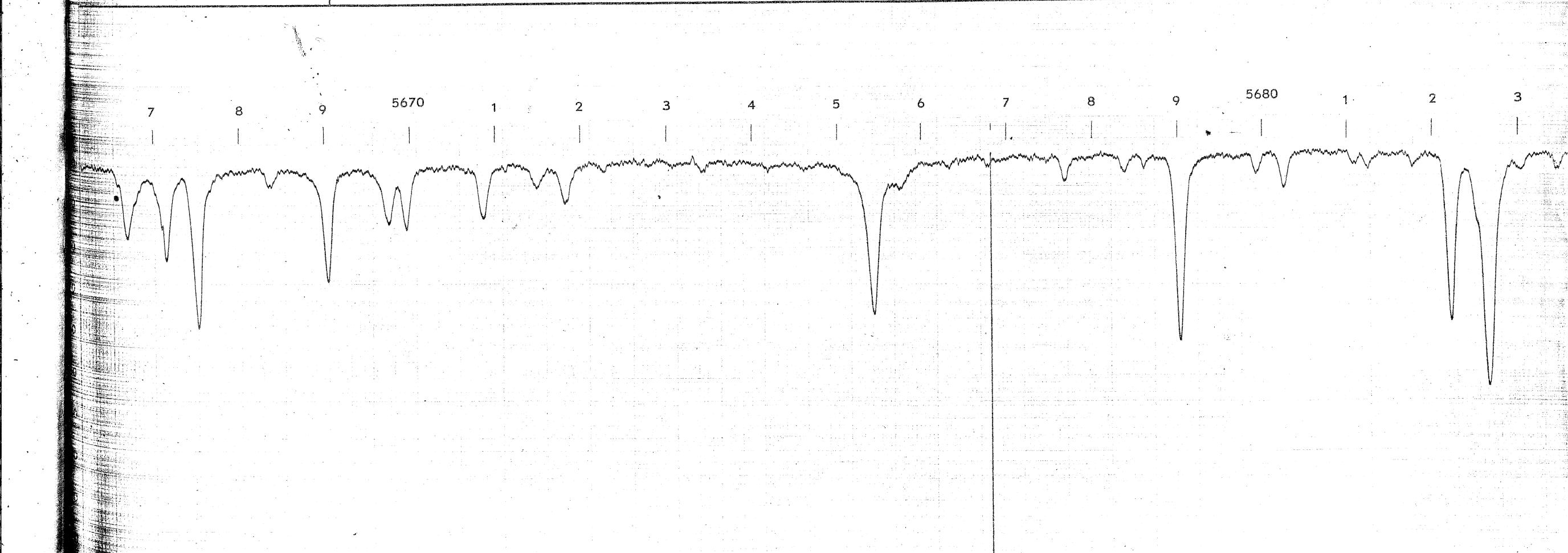
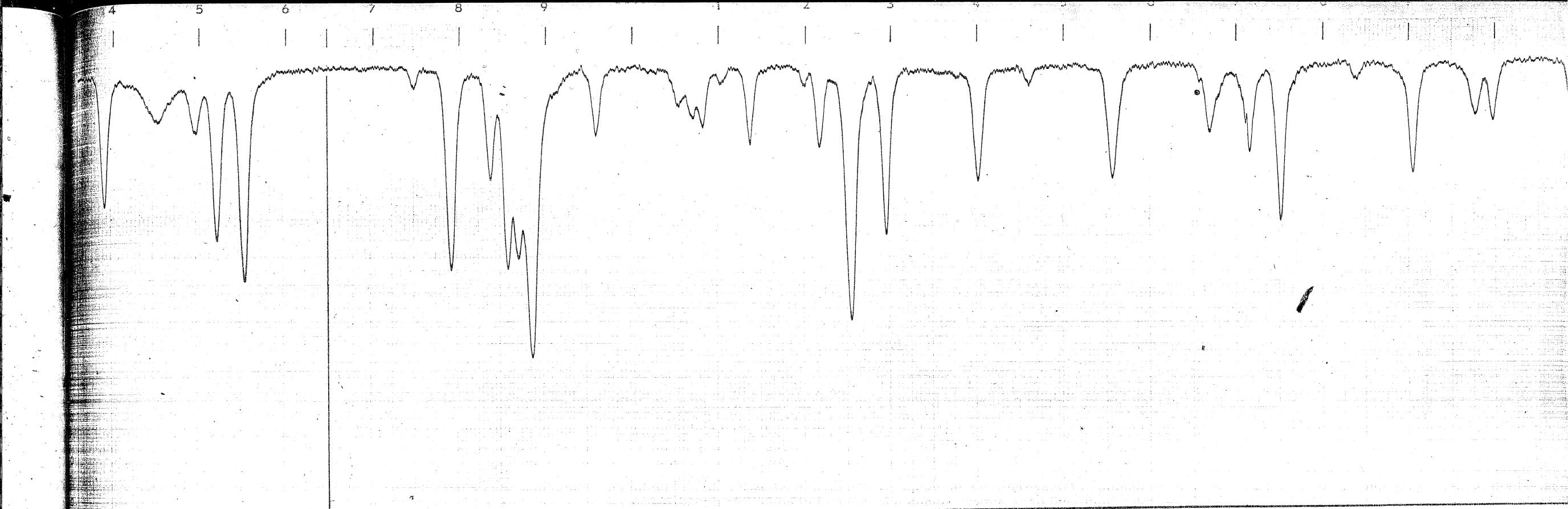
2 3 4 5 6 7 8 9 5550 1 2 3 4 5 6 7 8 9

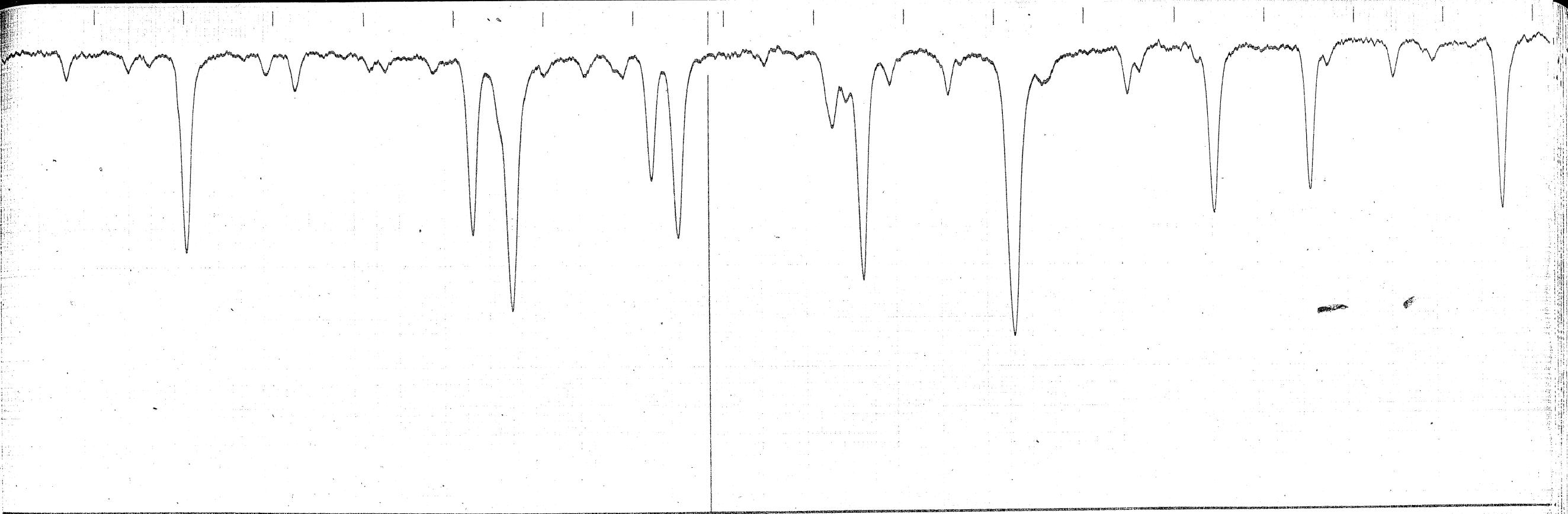




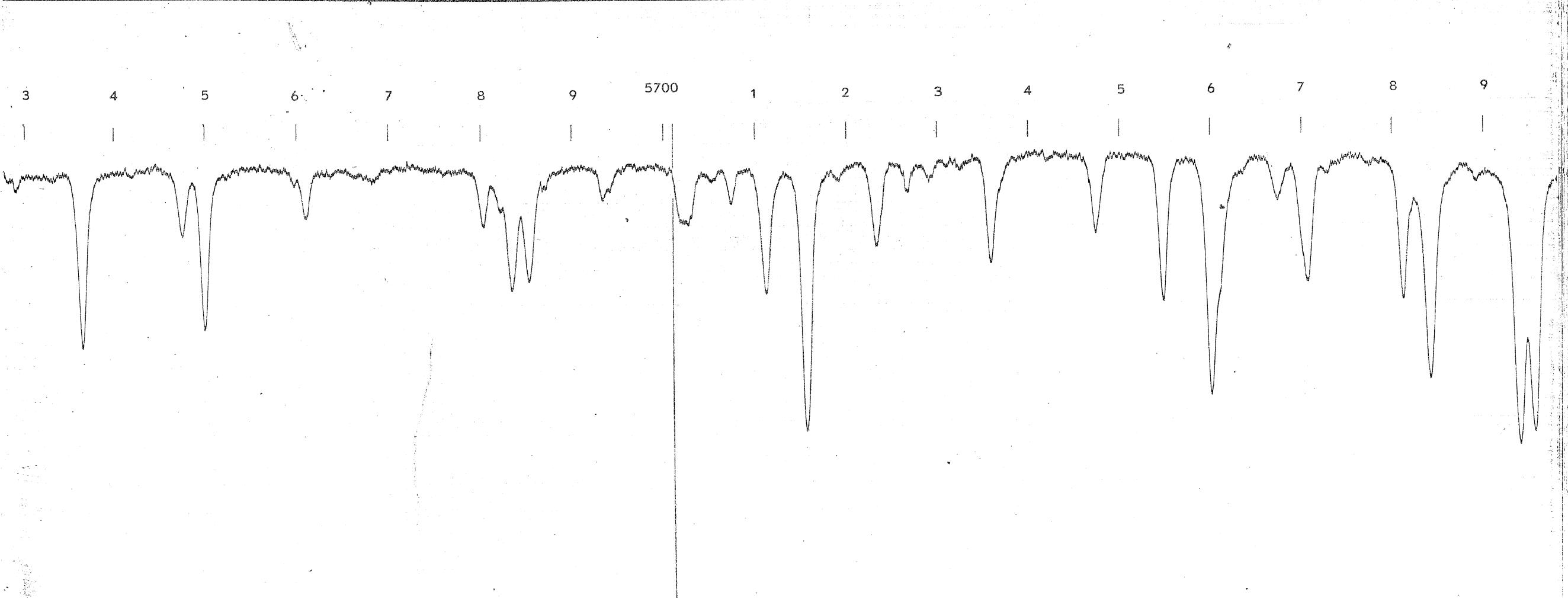


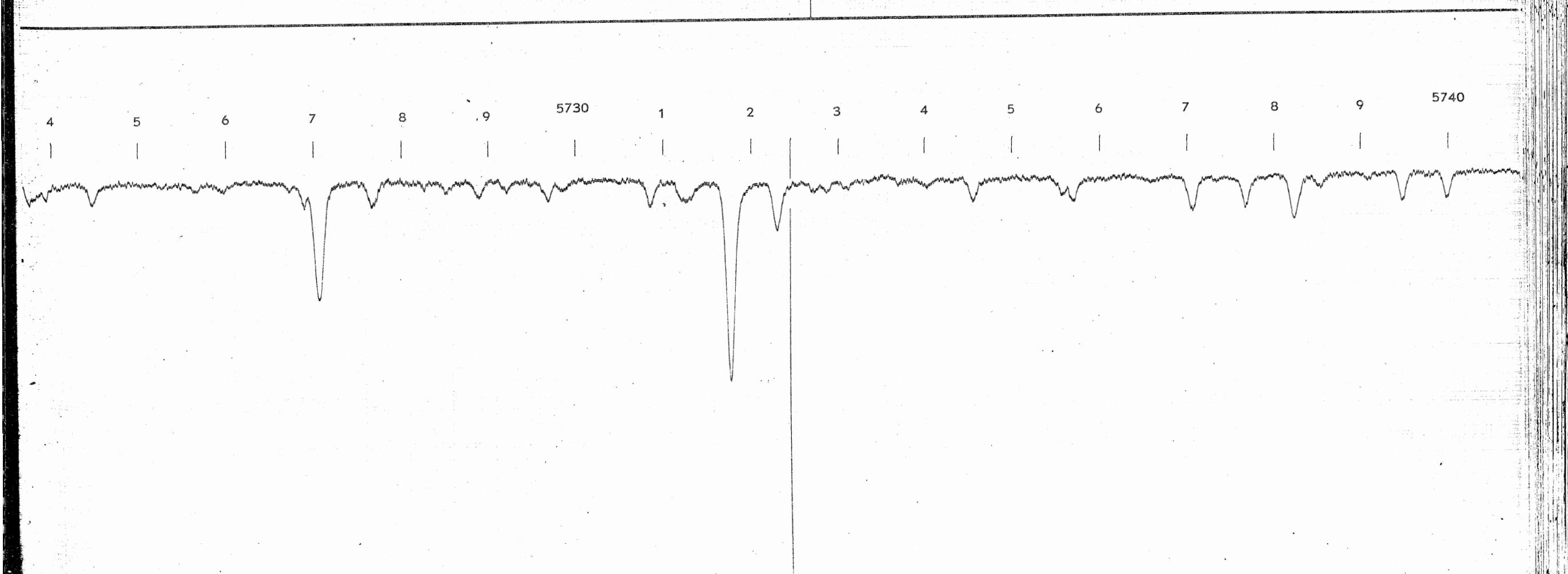
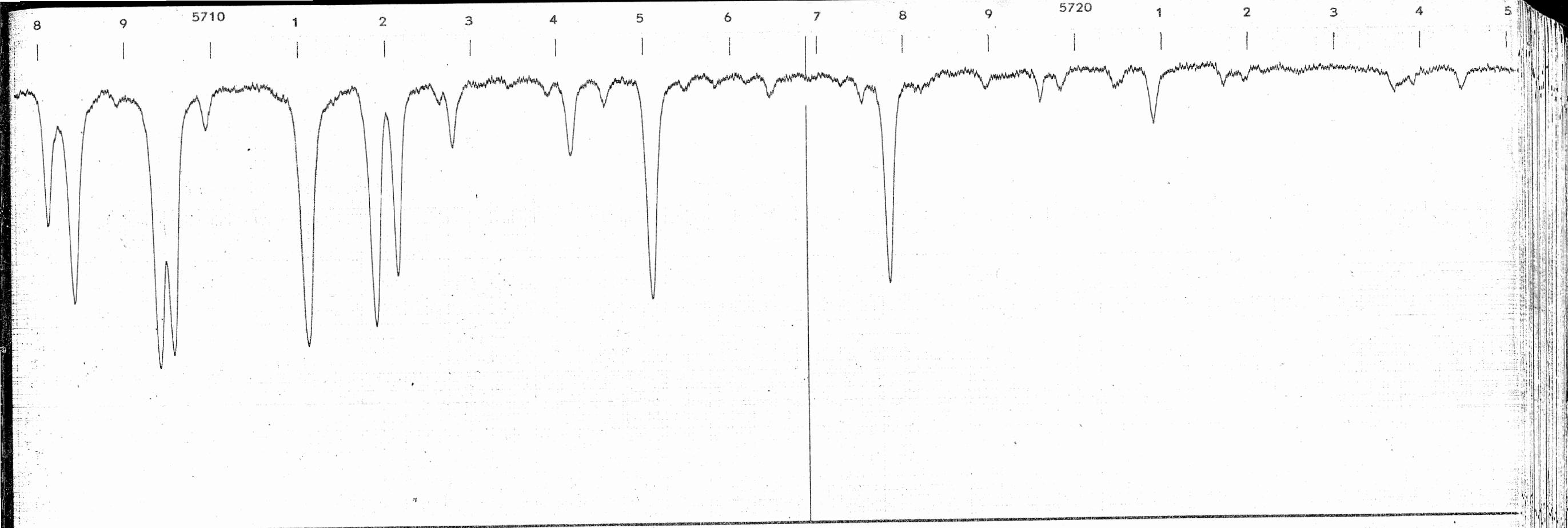


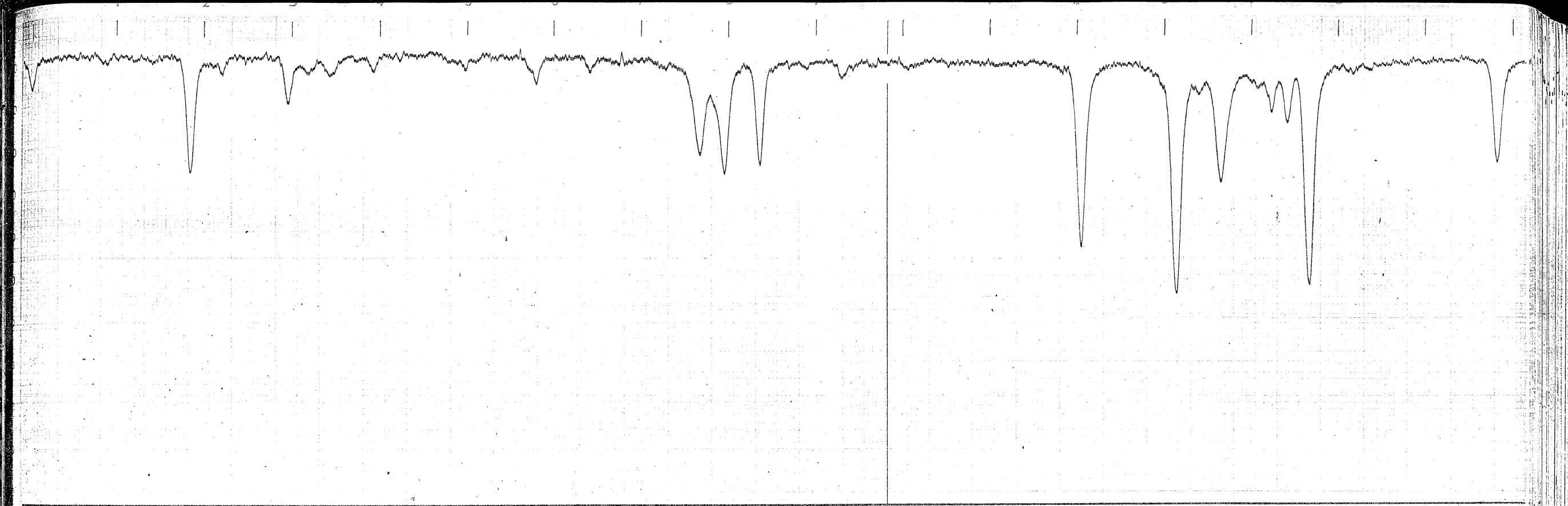




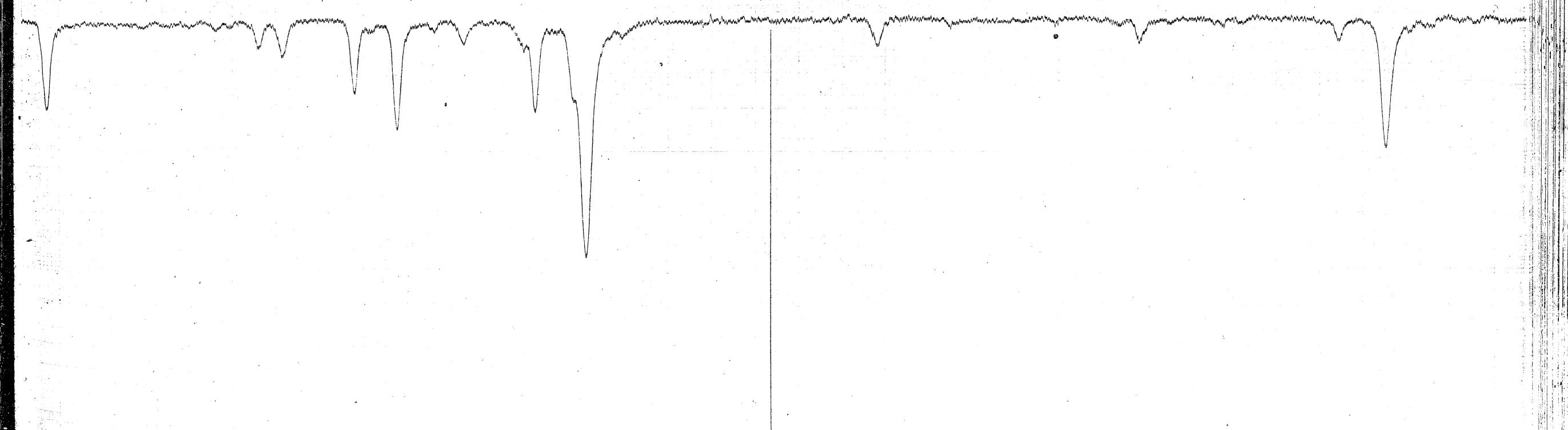
3 4 5 6 7 8 9 5700 1 2 3 4 5 6 7 8 9

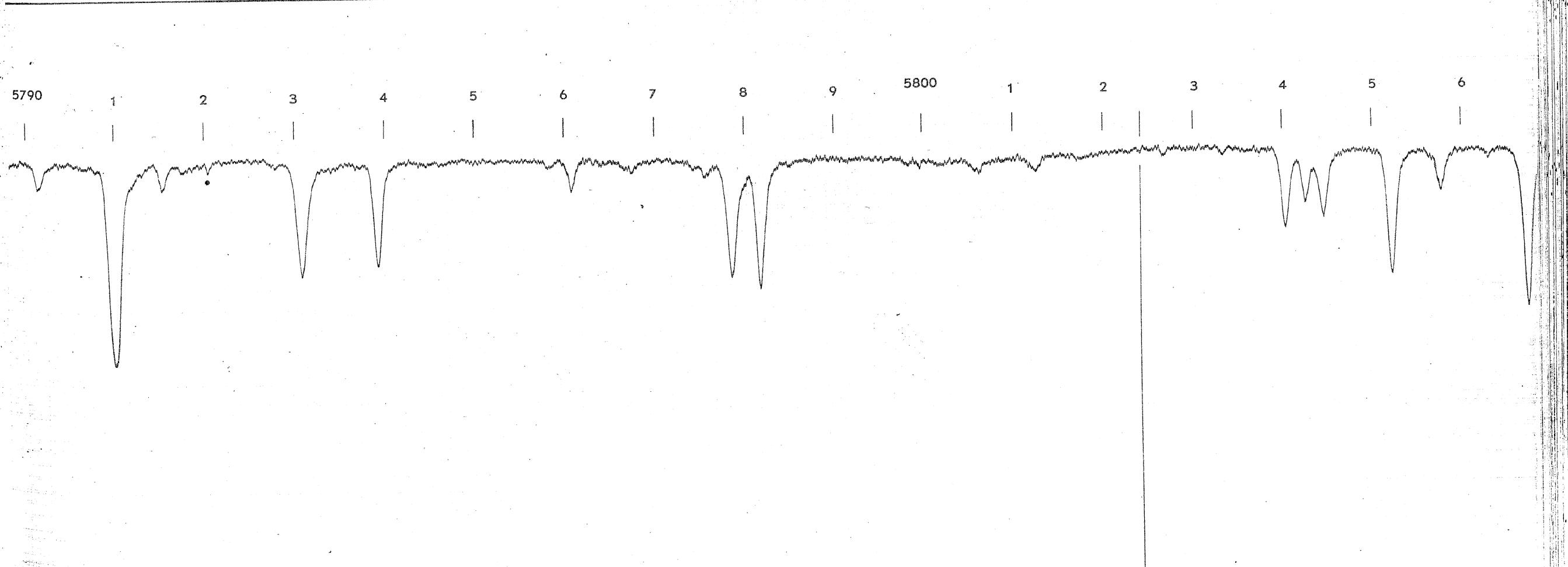
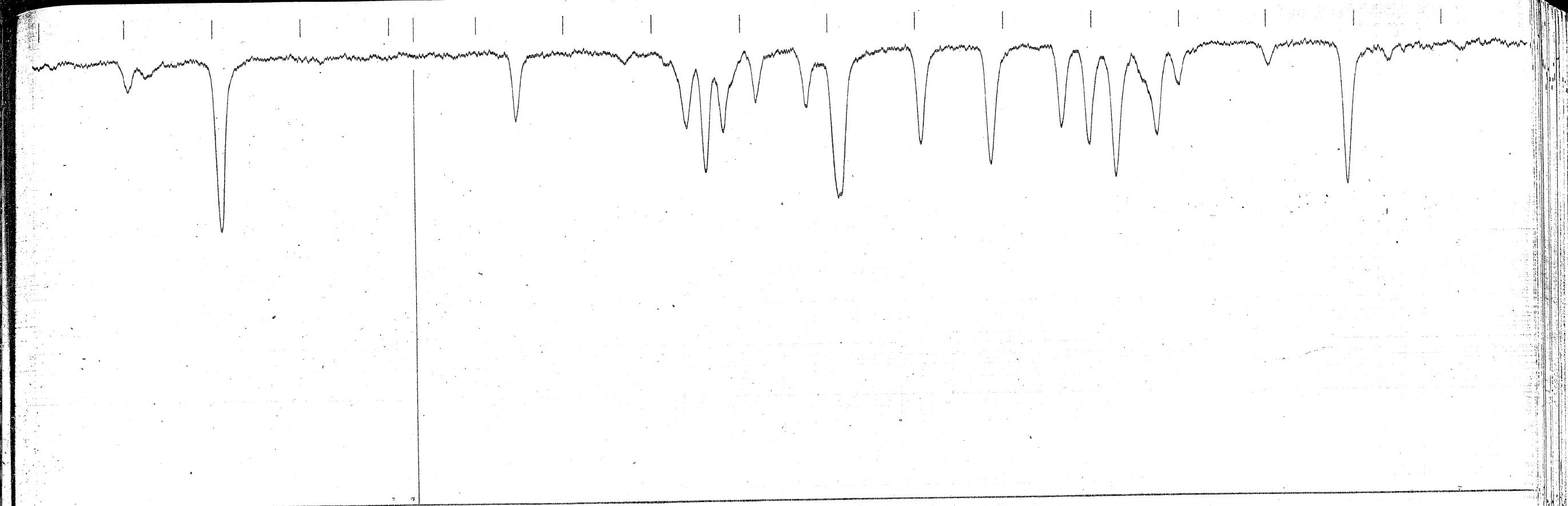


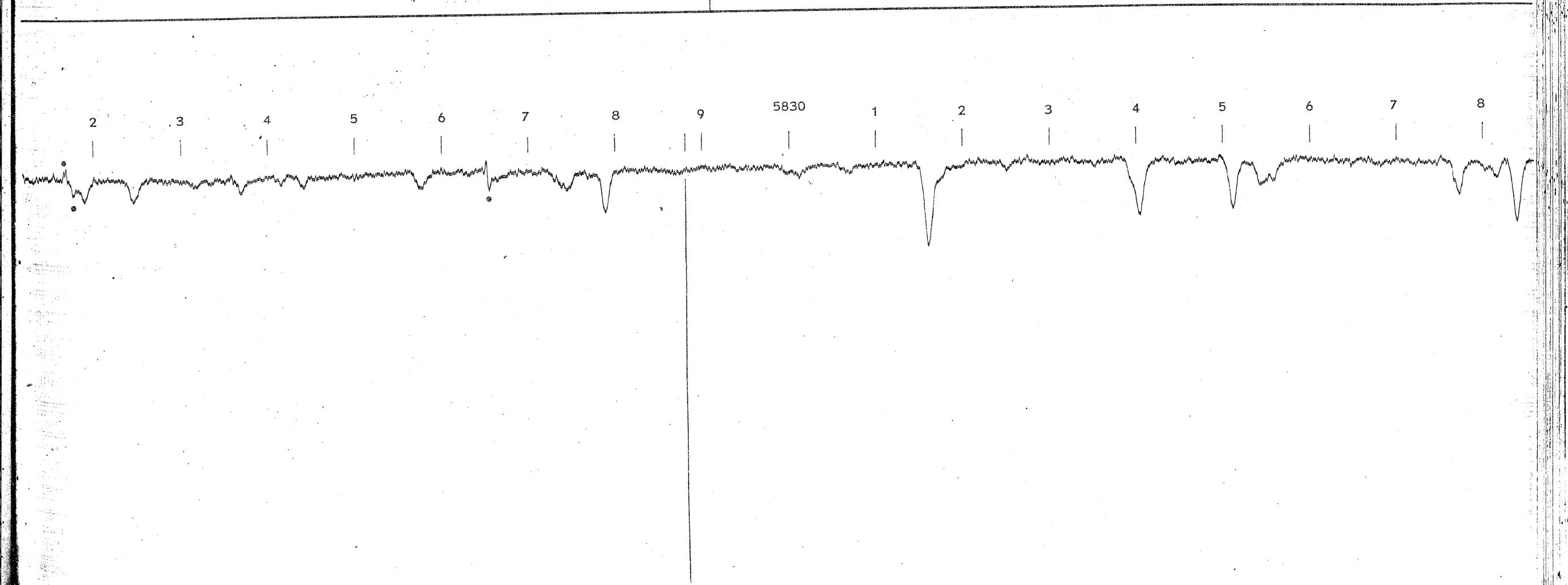
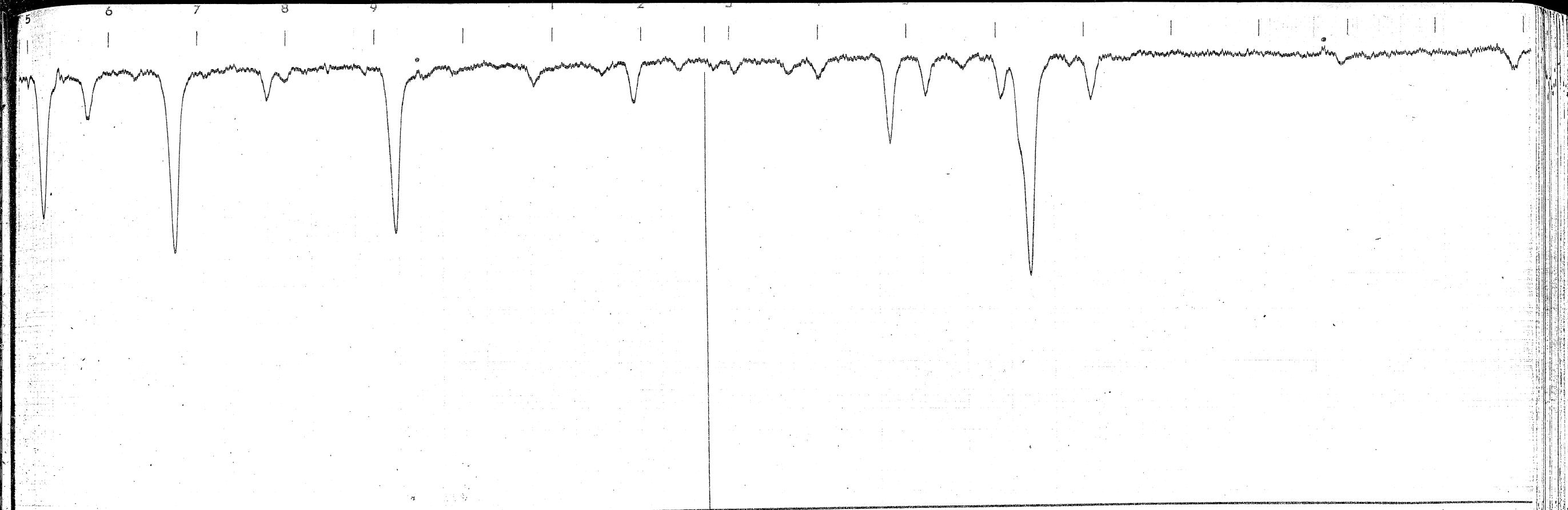


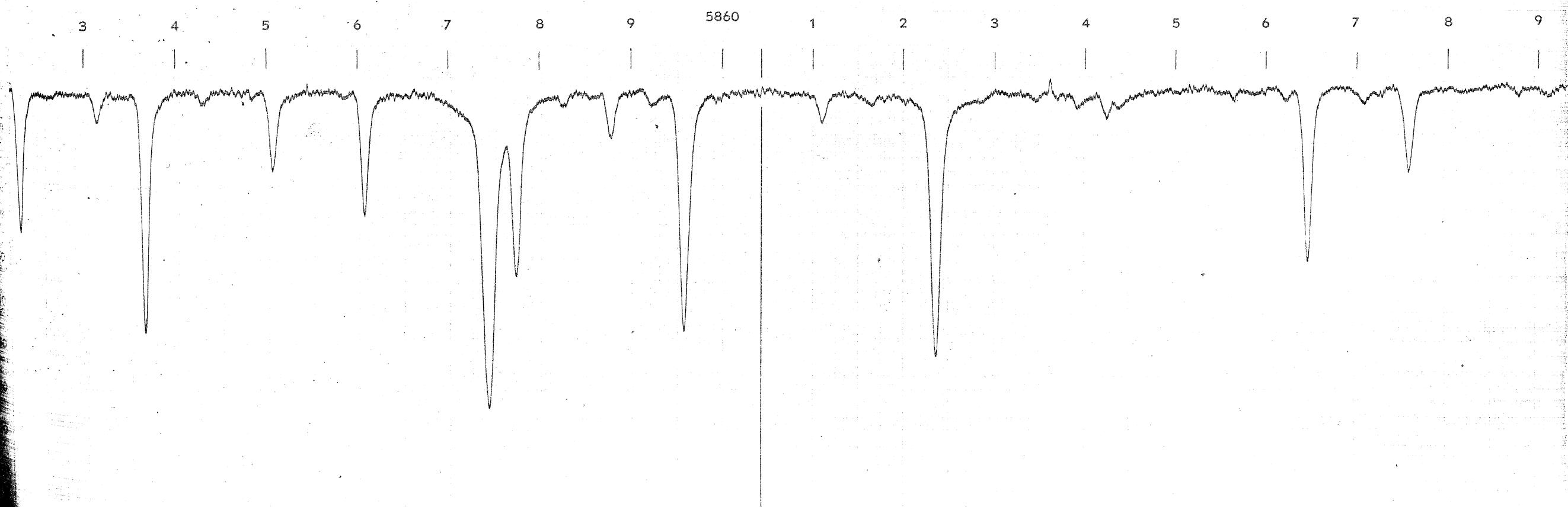
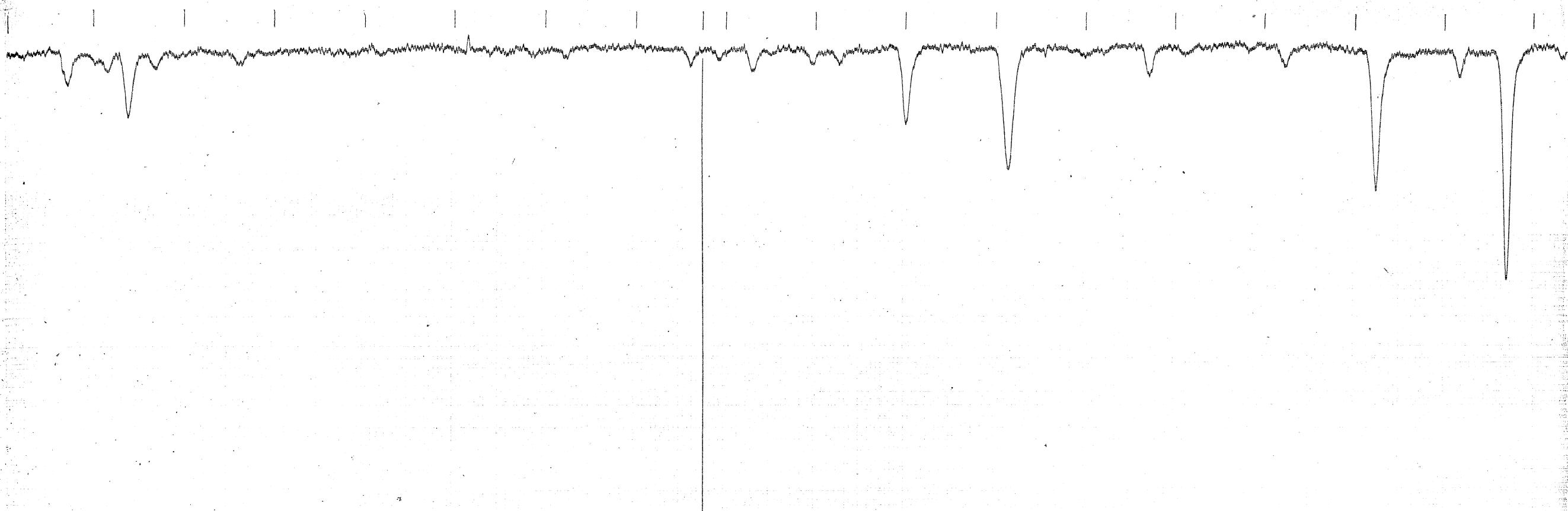


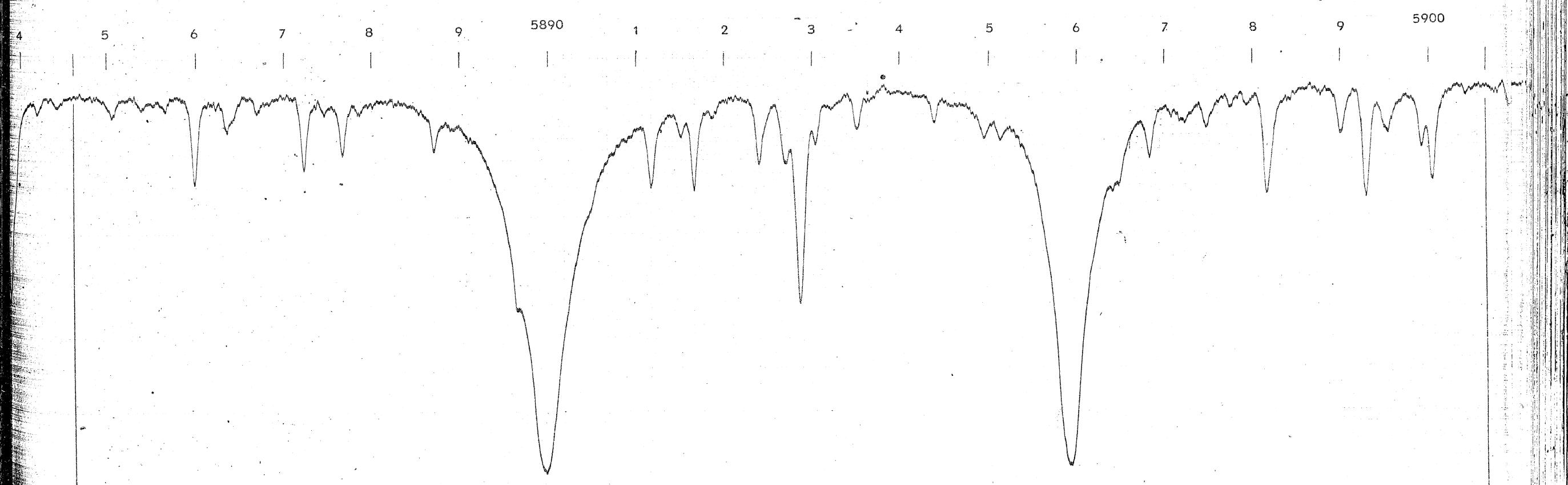
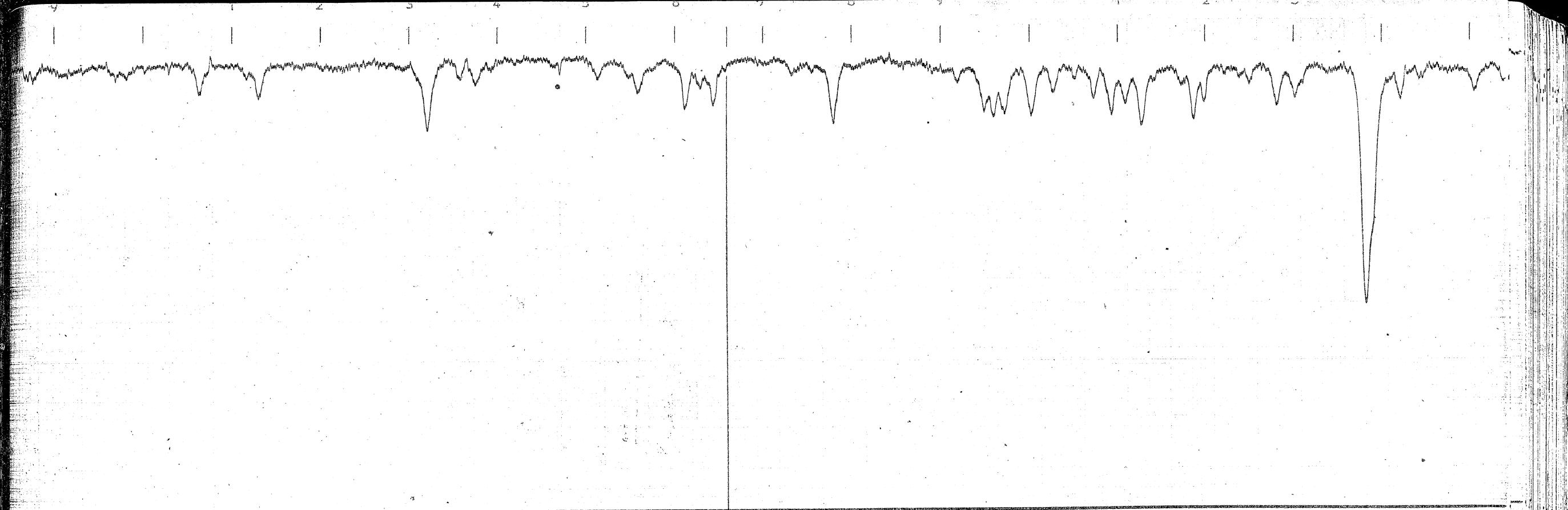
7 8 9 5760 1 2 3 4 5 6 7 8 9 5770 1 2 3

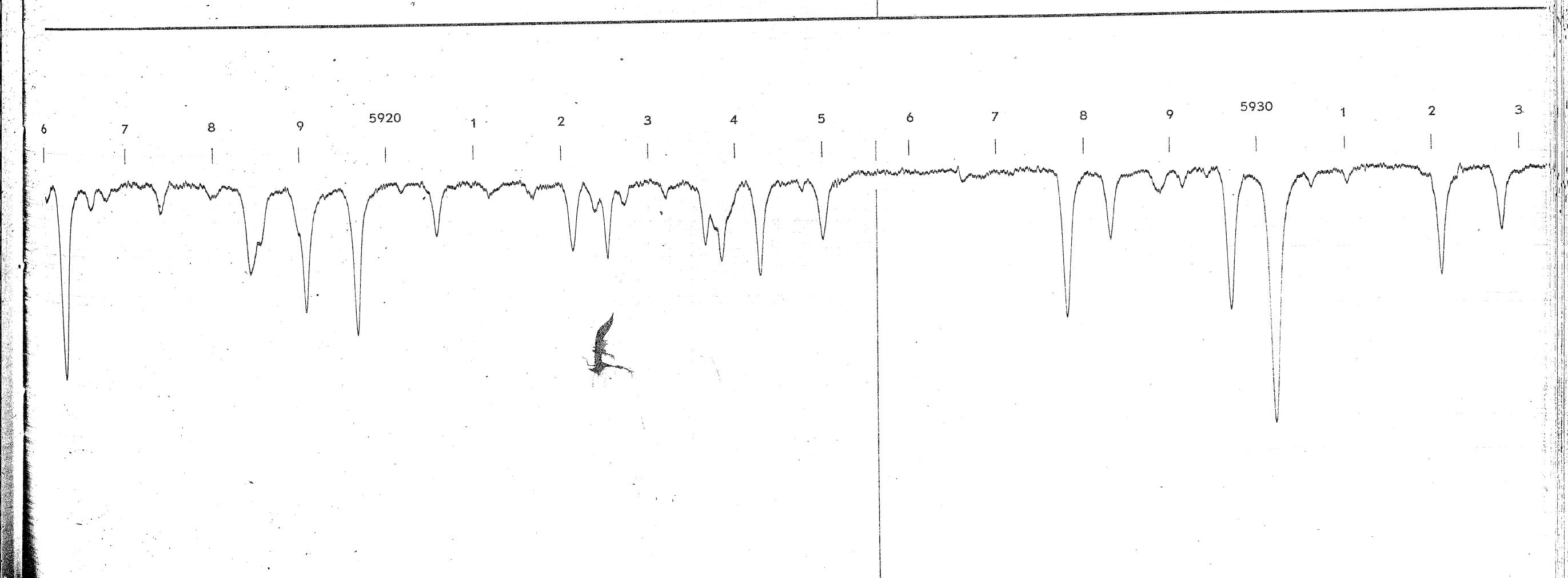
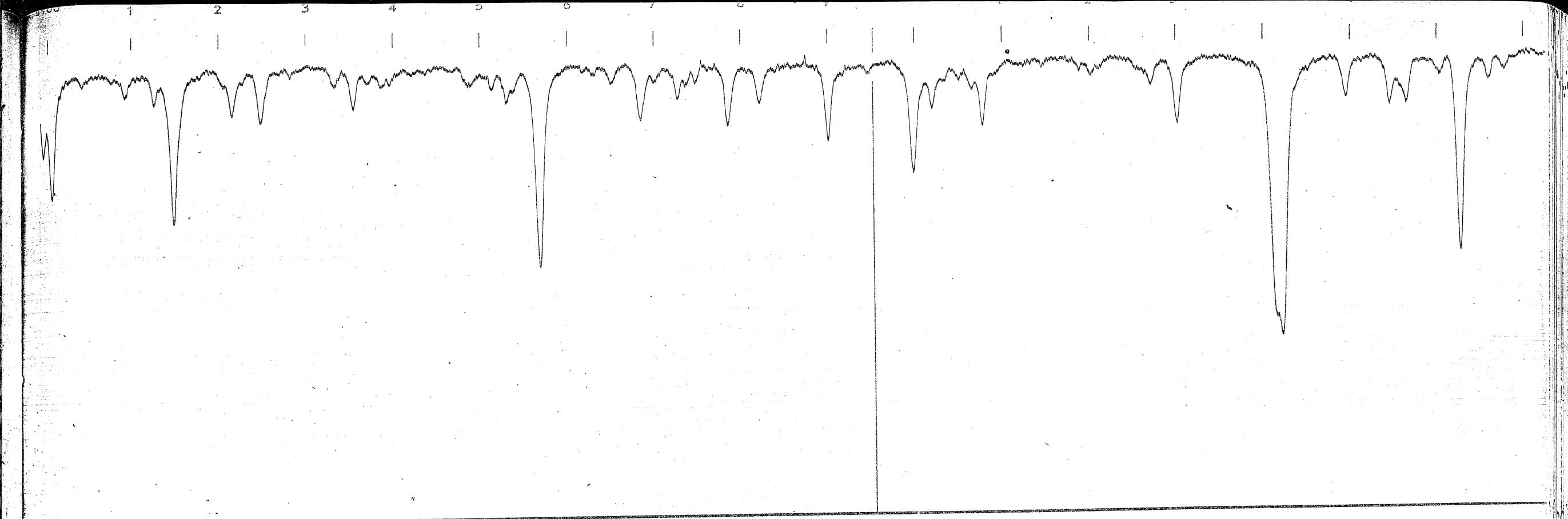


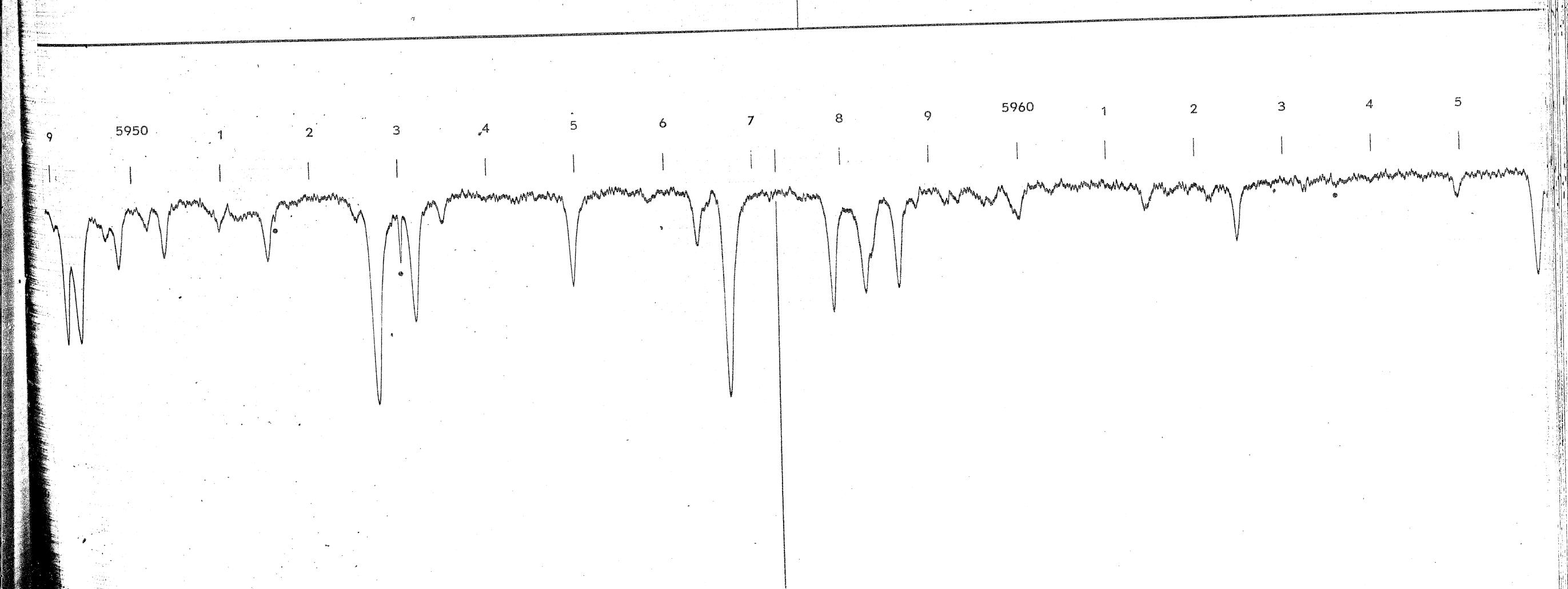
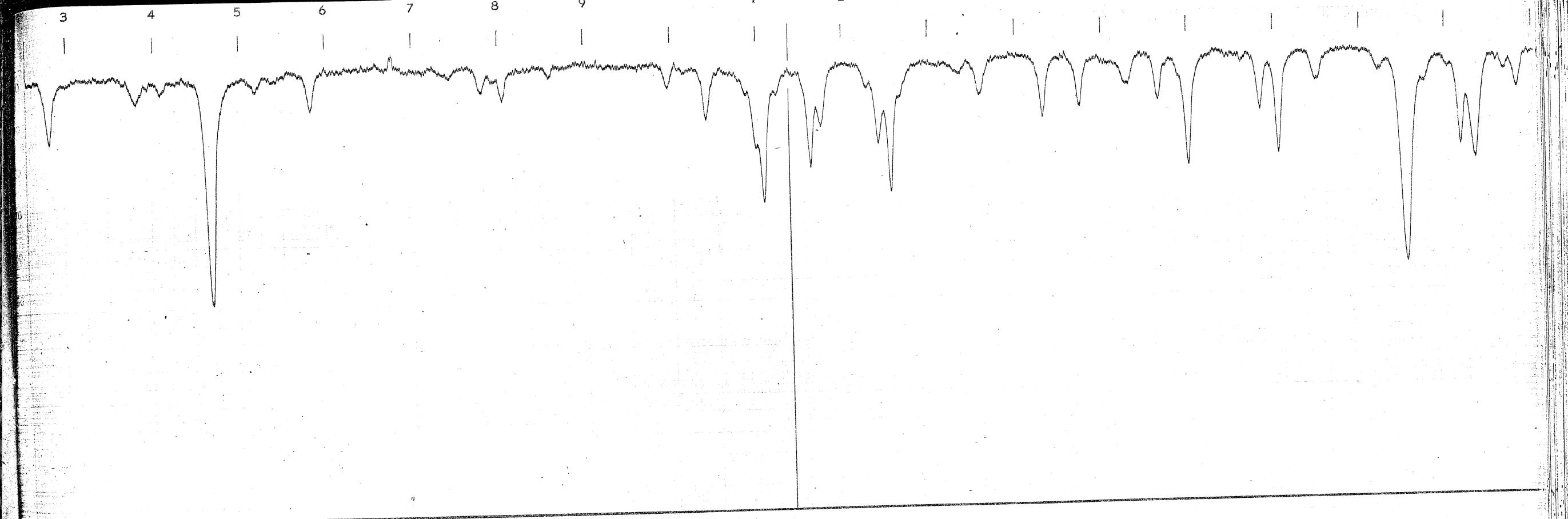


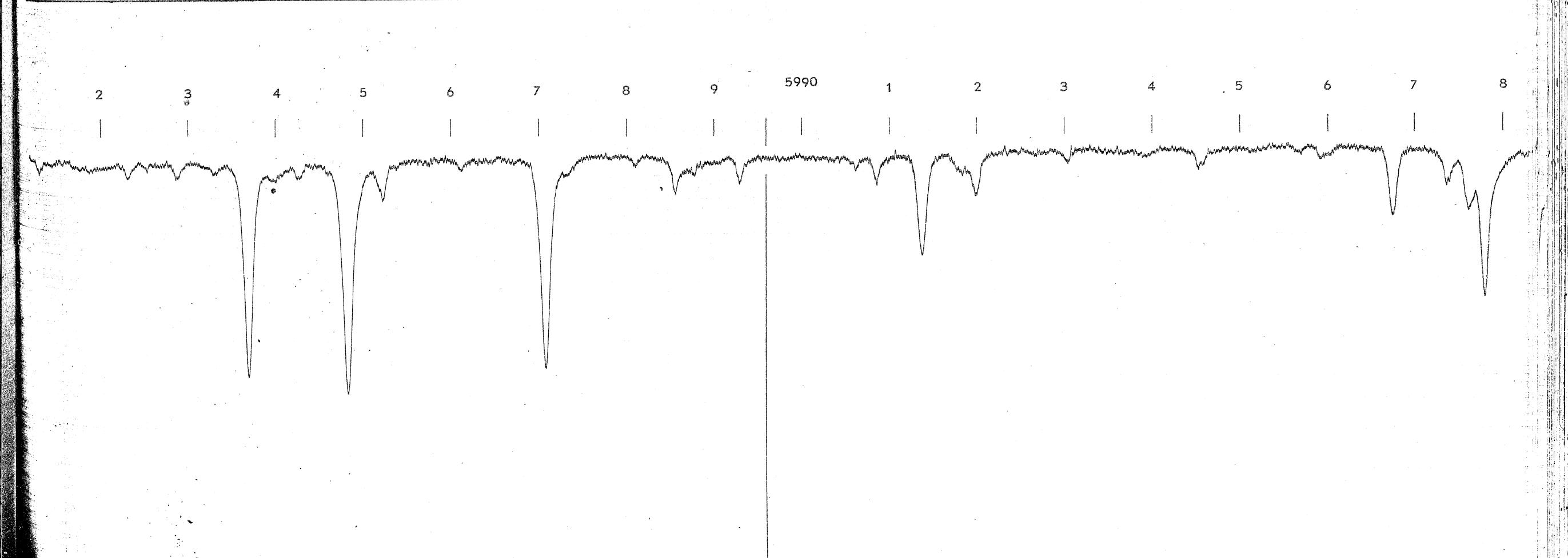
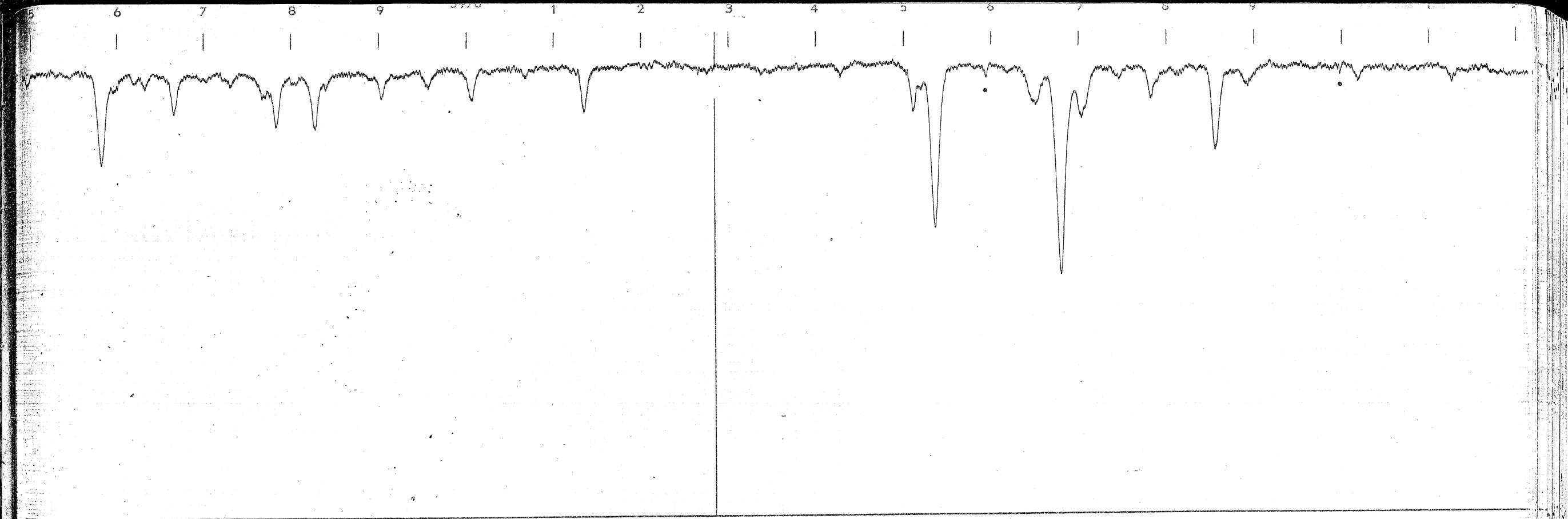


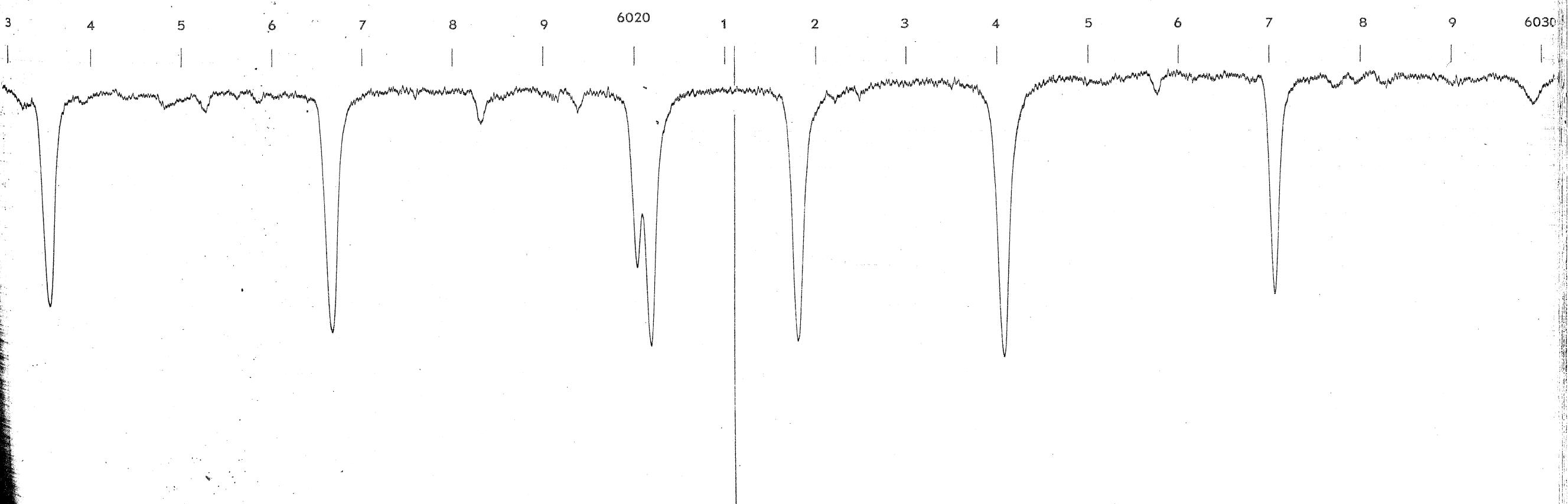
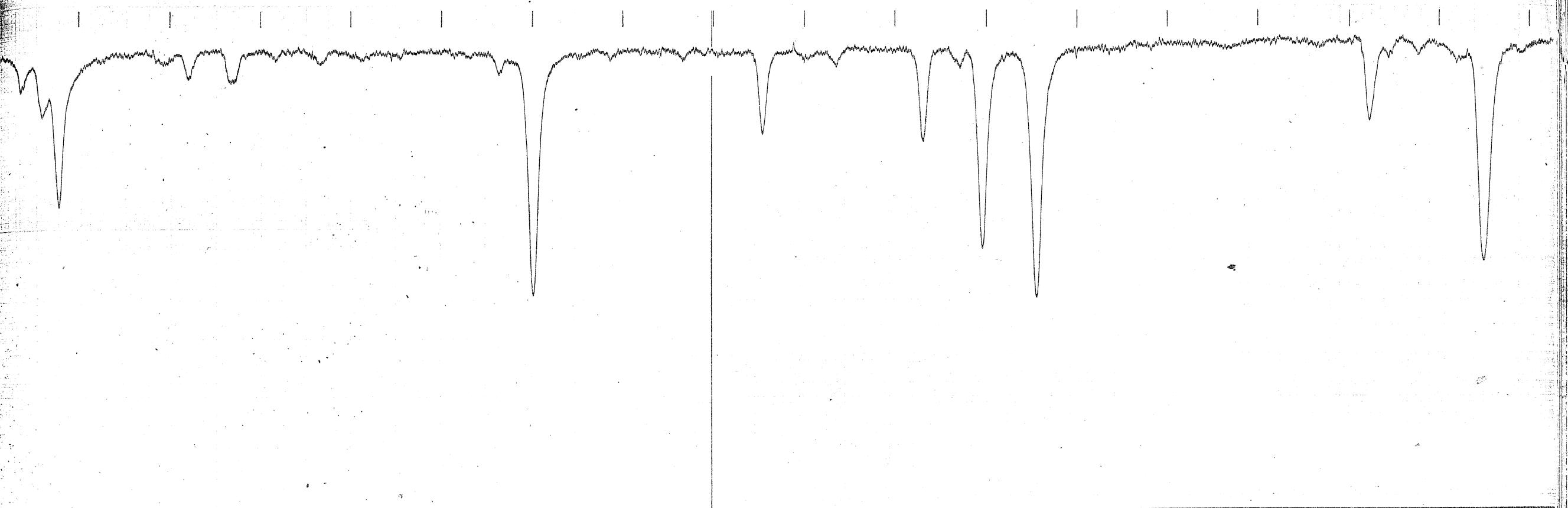


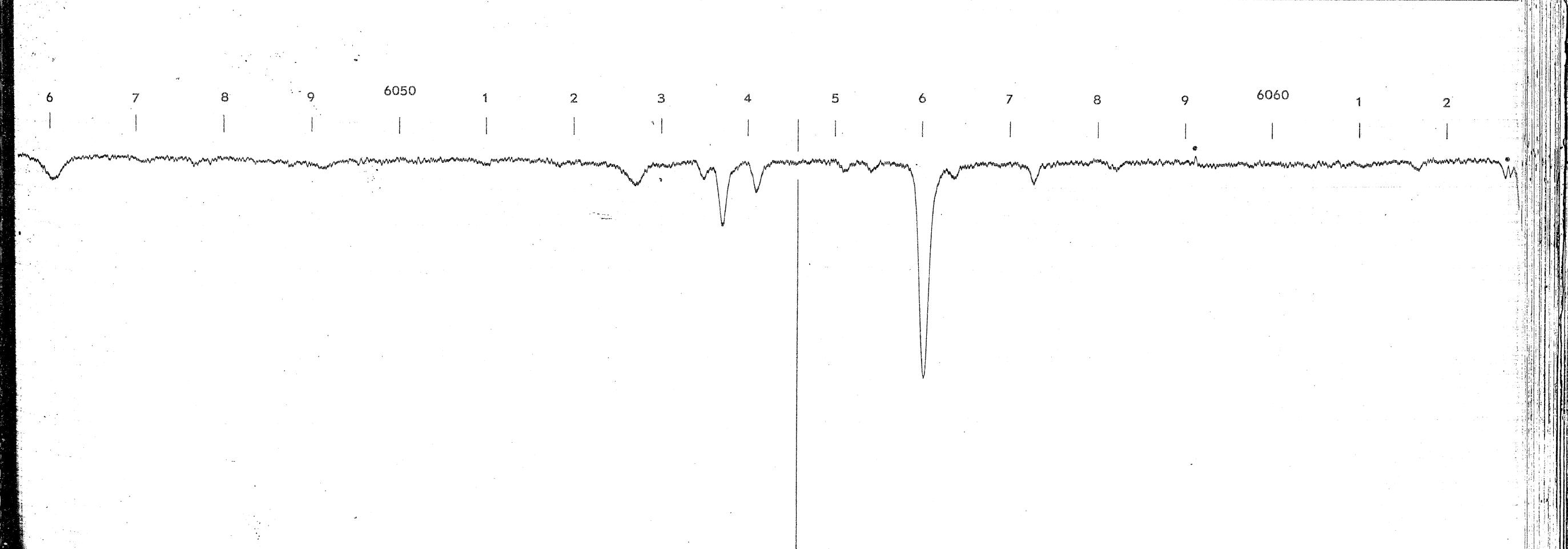
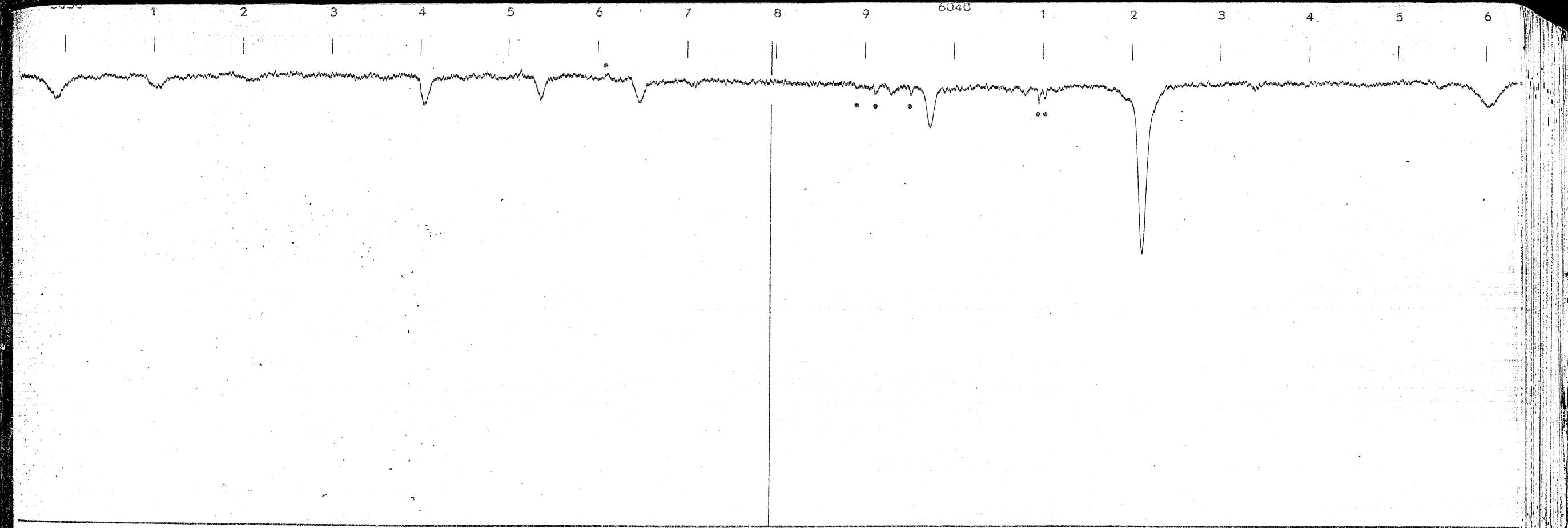


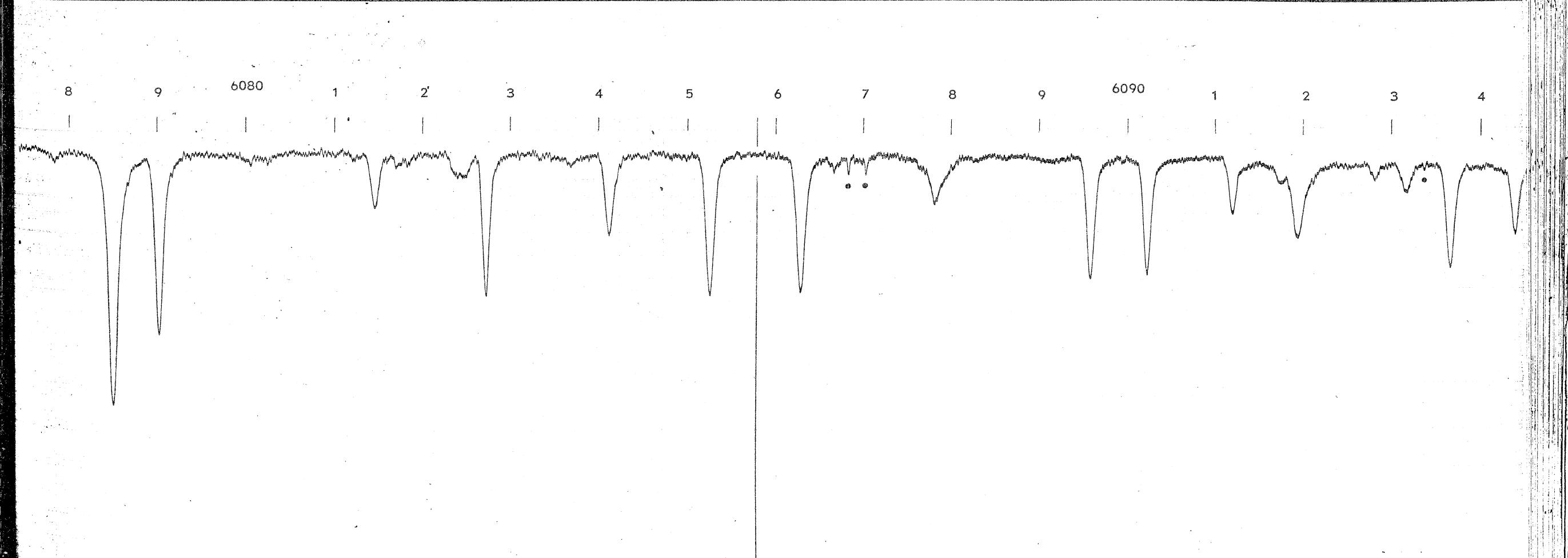
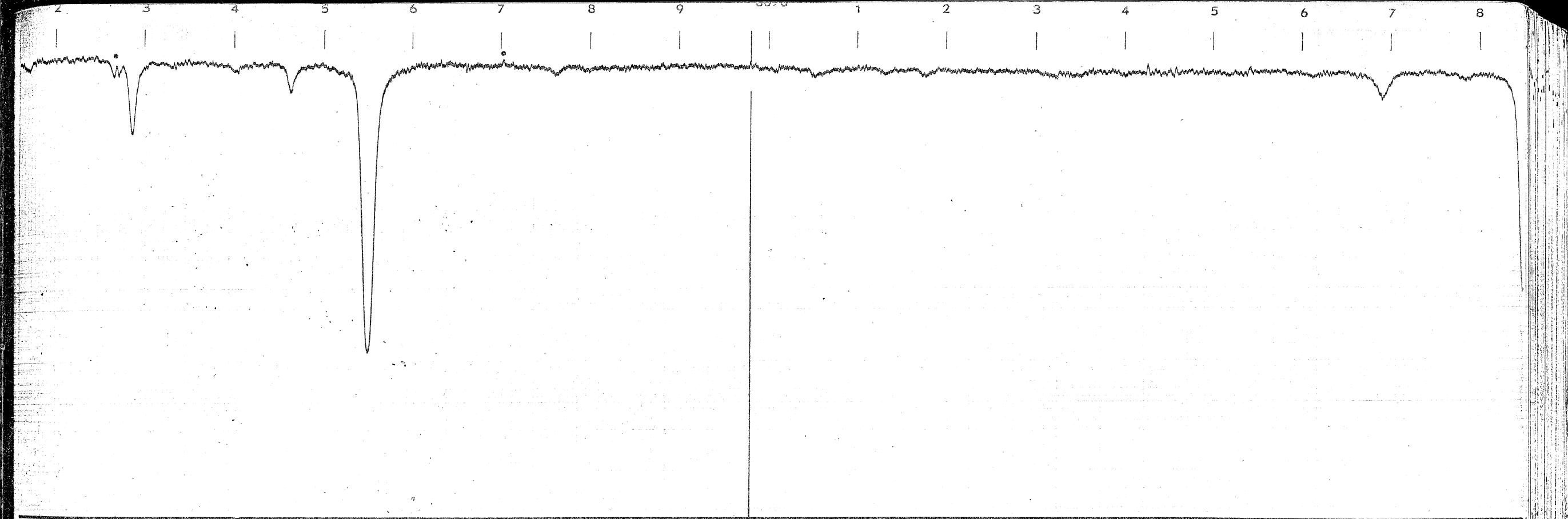




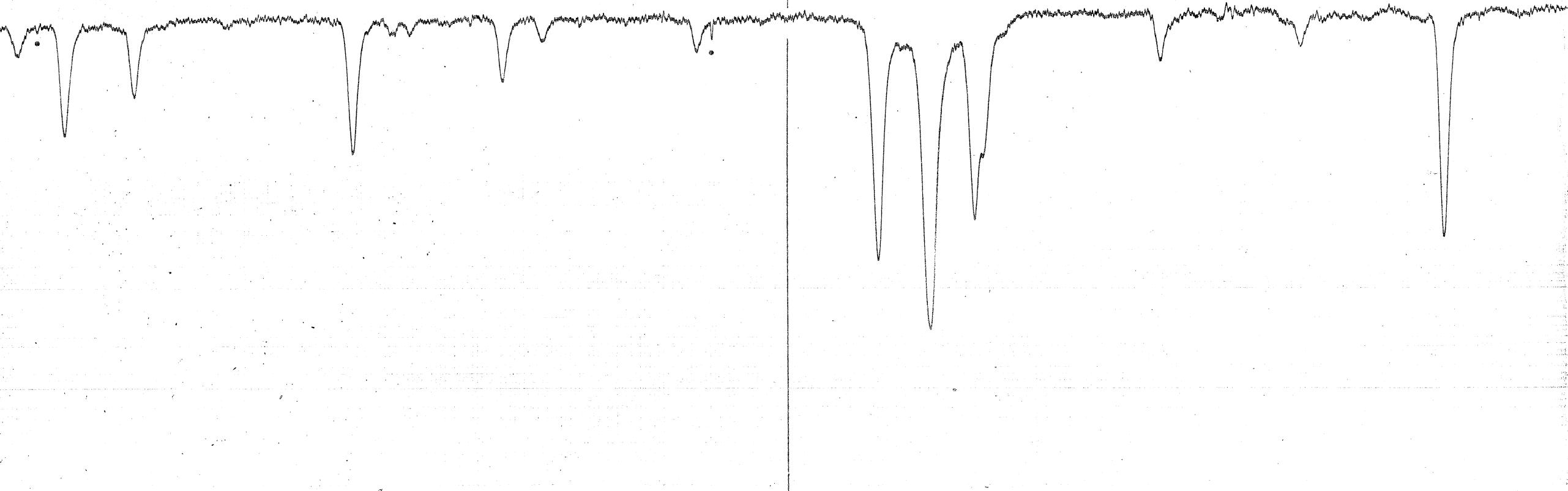




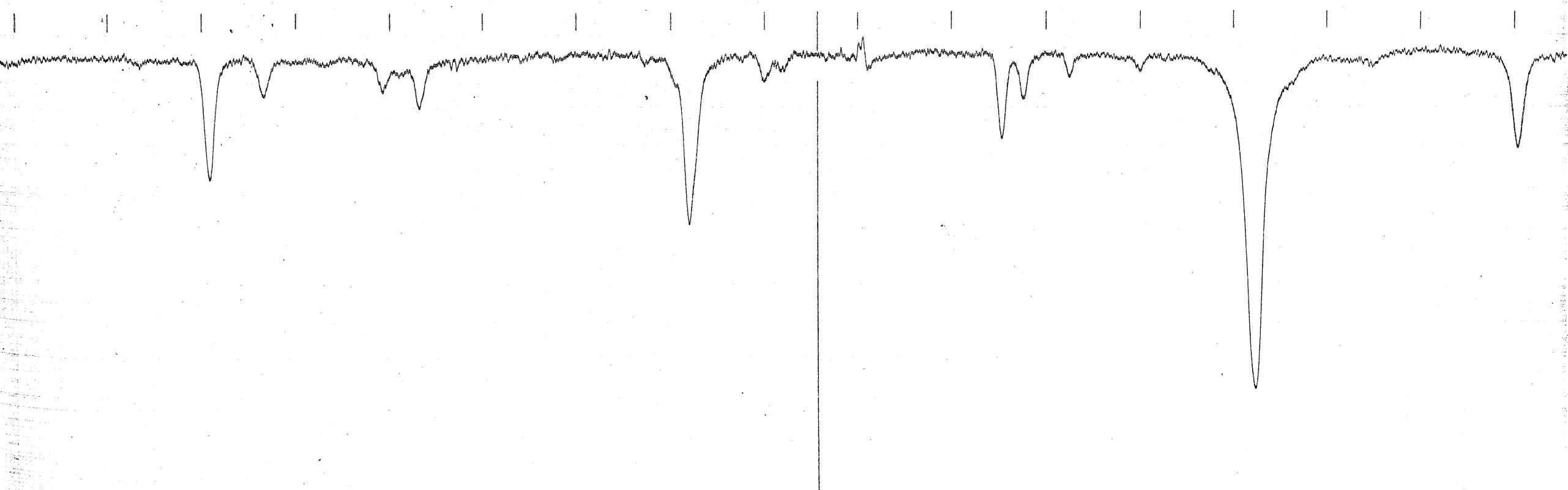


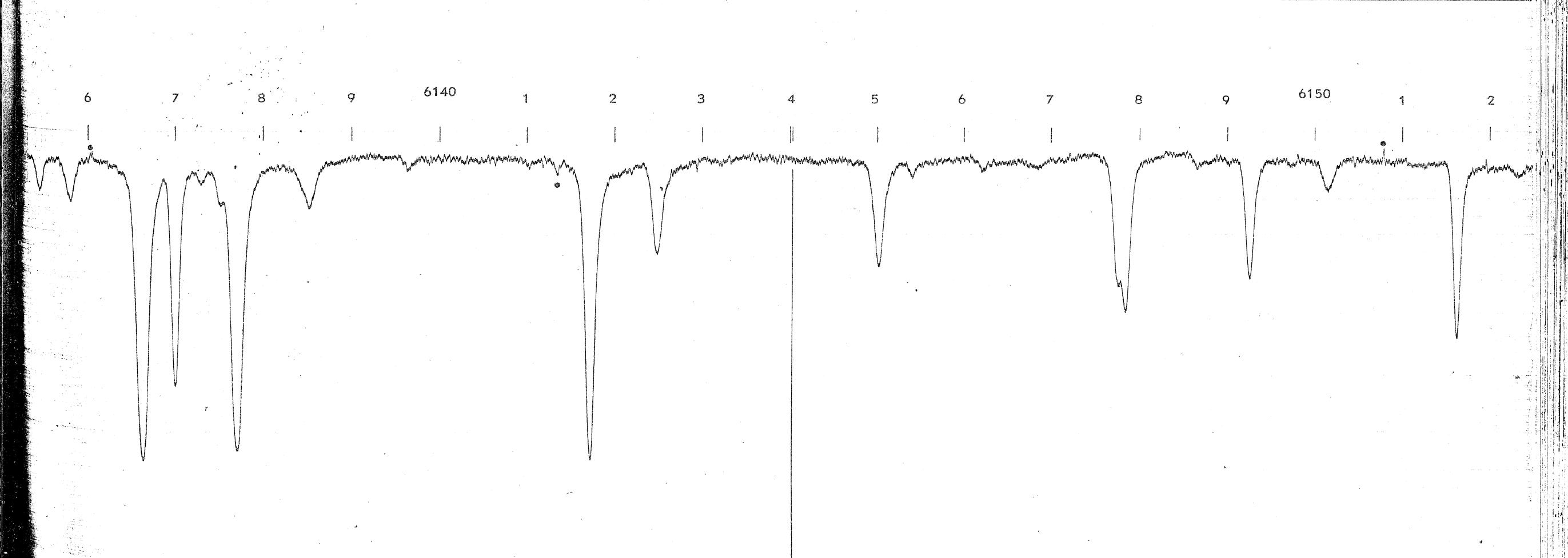
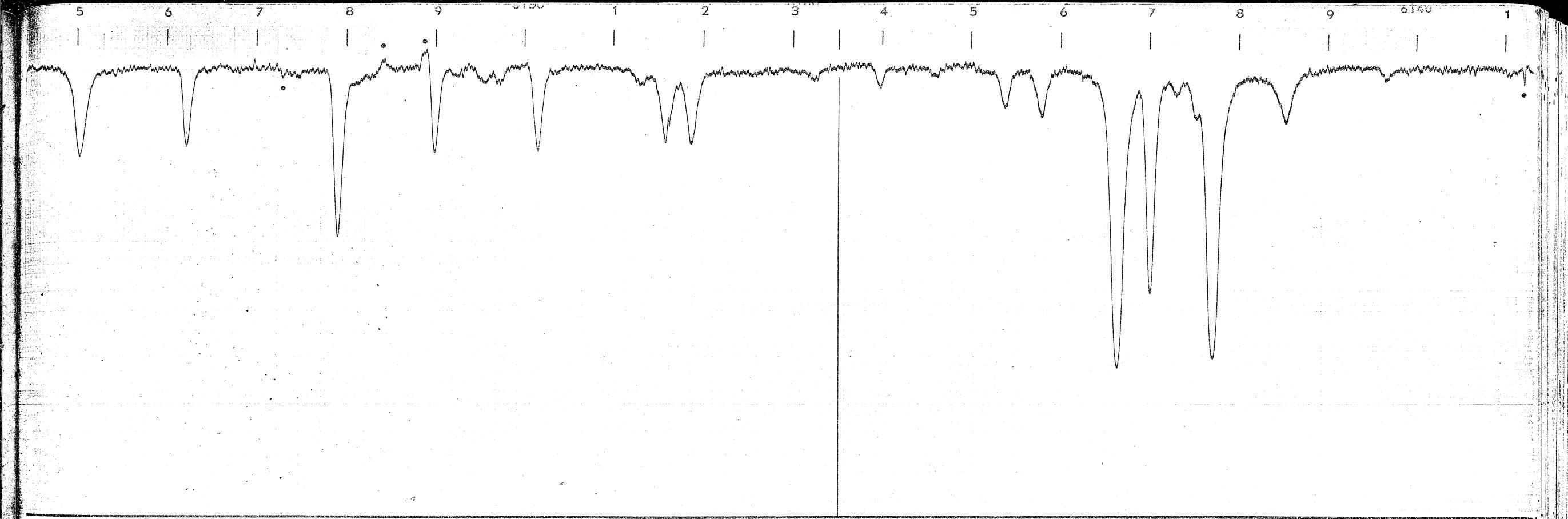


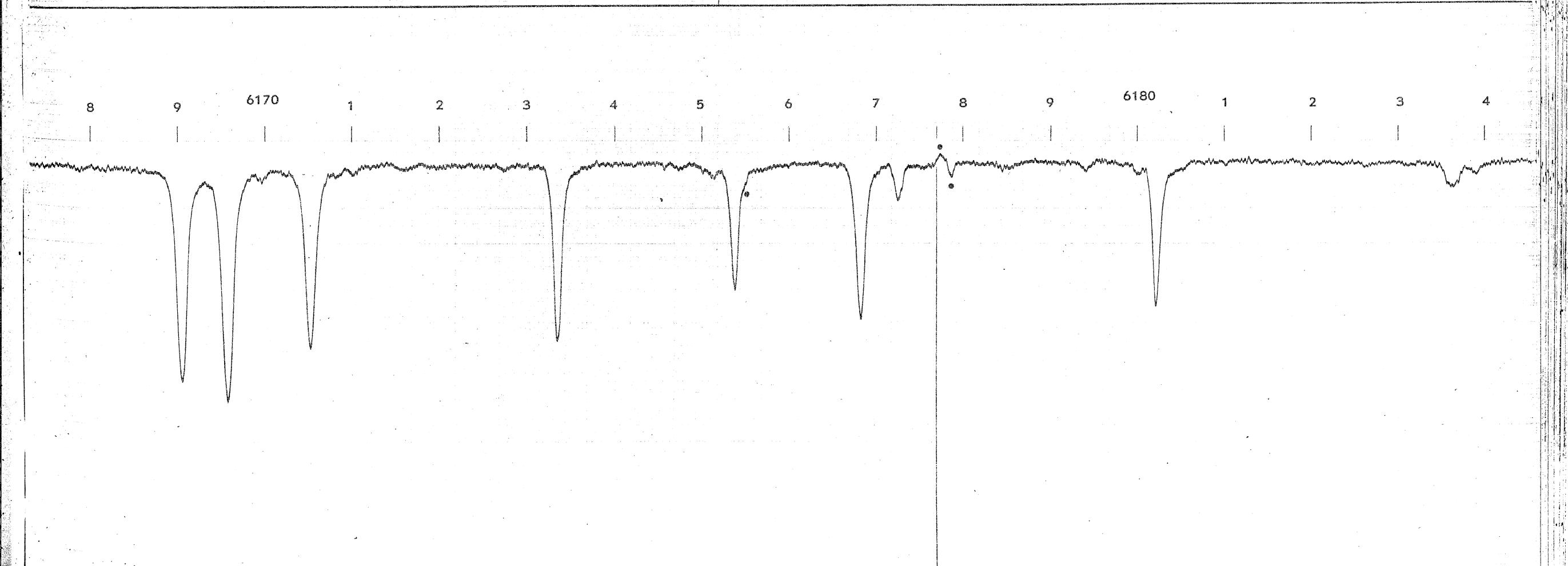
6094 5 6 7 8 6100 6101 6102 6103 6104 6105 6106 6107 6108

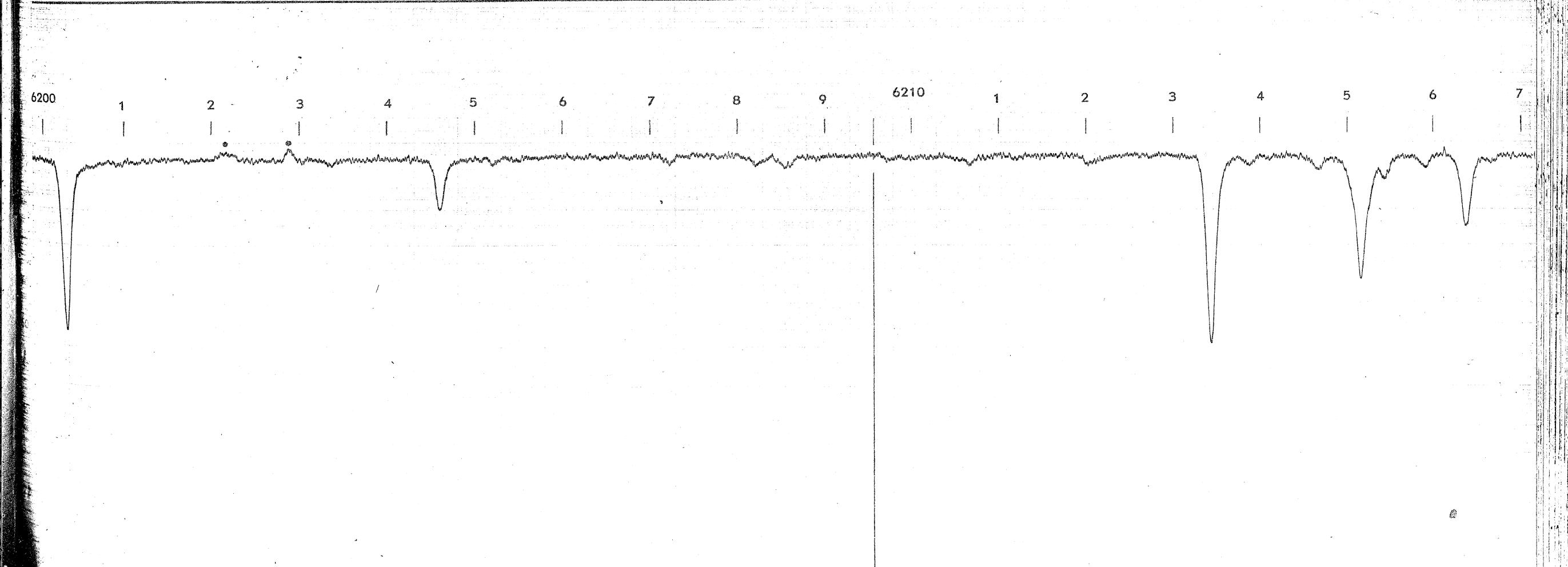


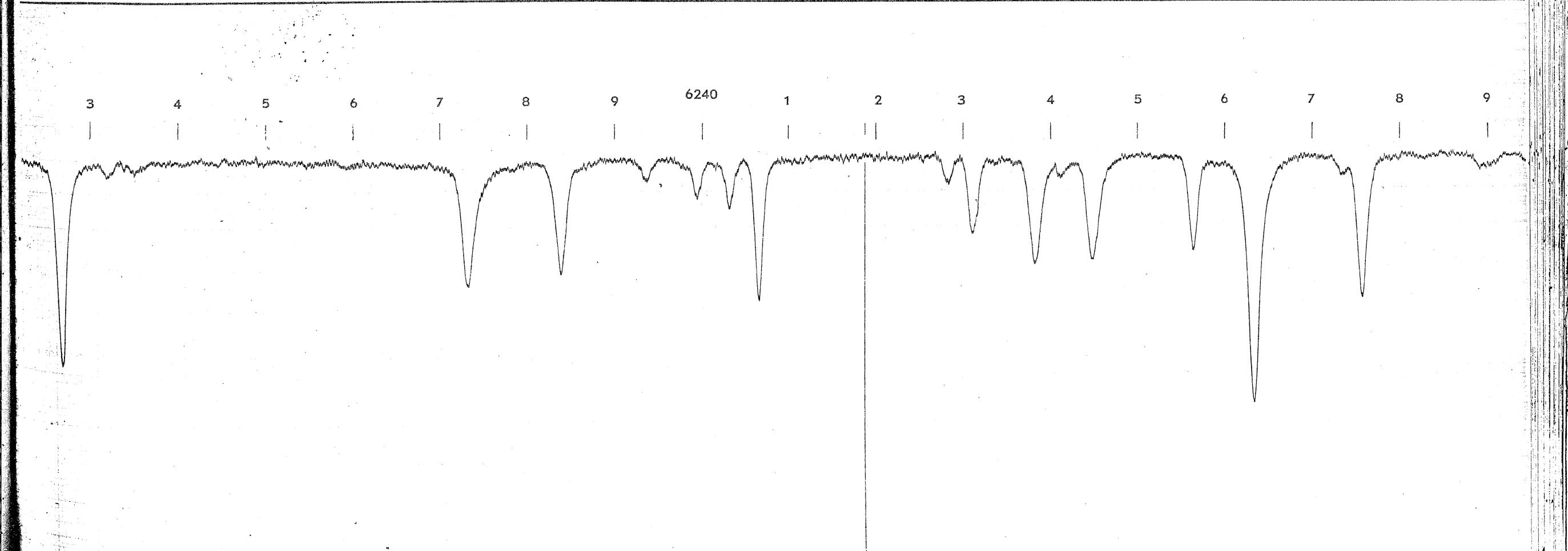
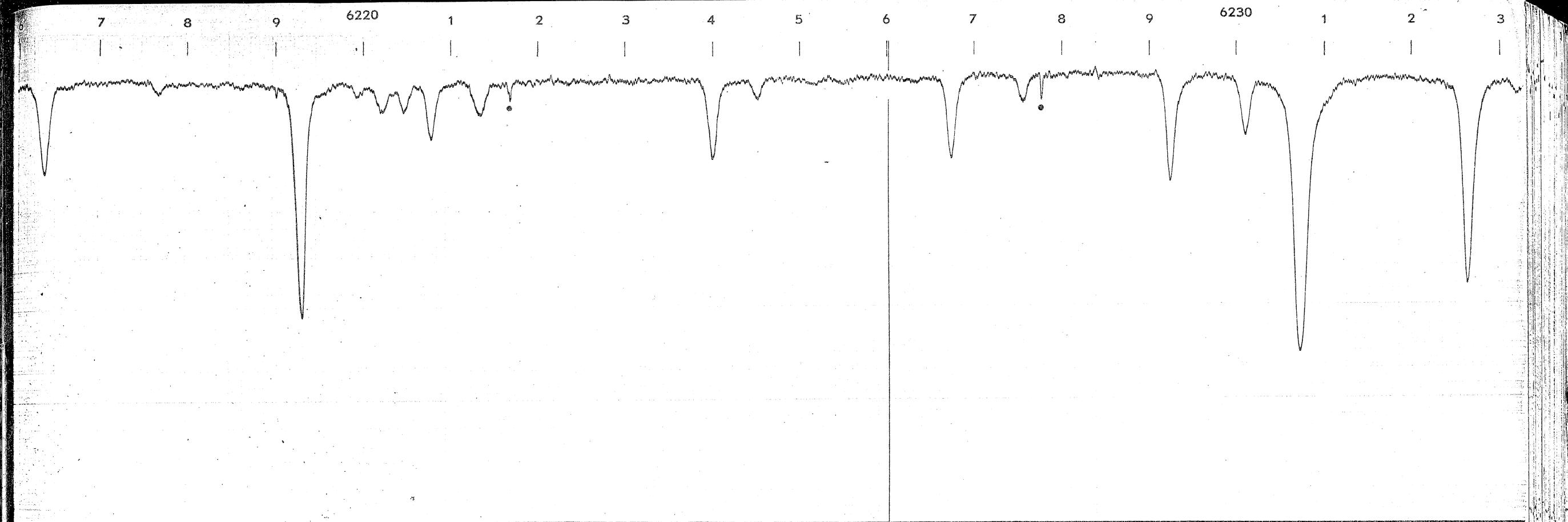
9 6110 1 2 3 4 5 6 7 8 9 6120 1 2 3 4 5

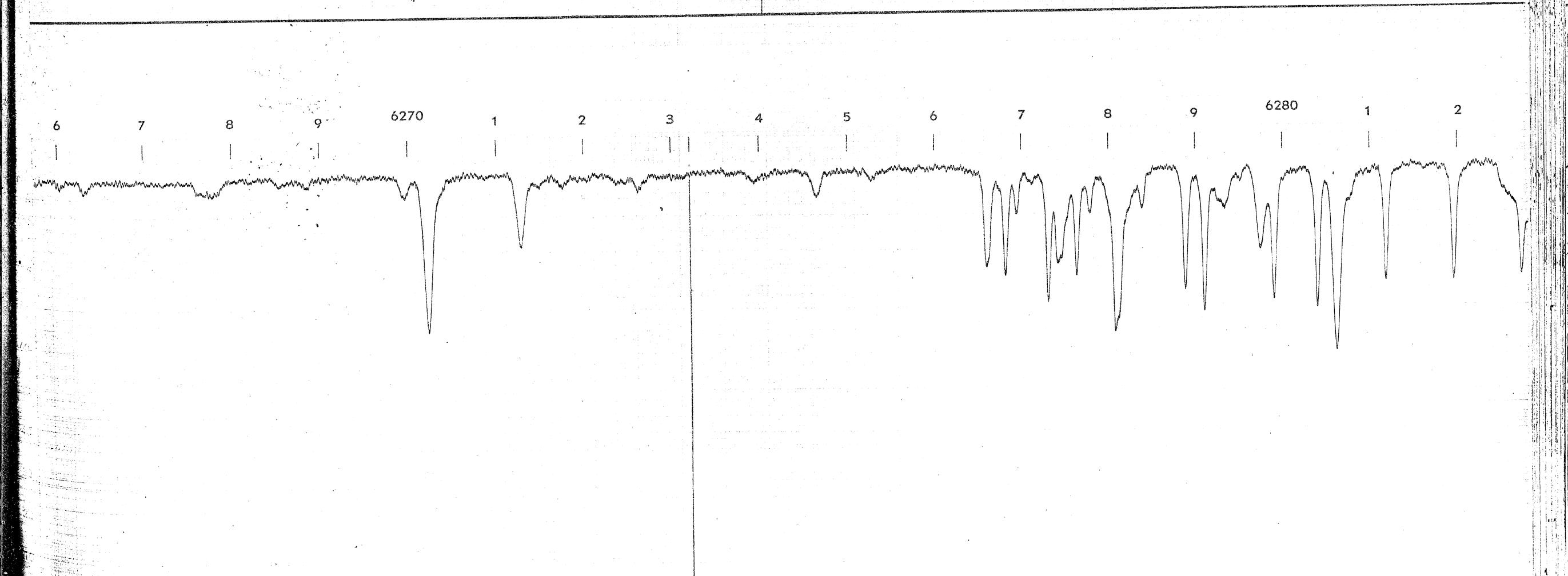
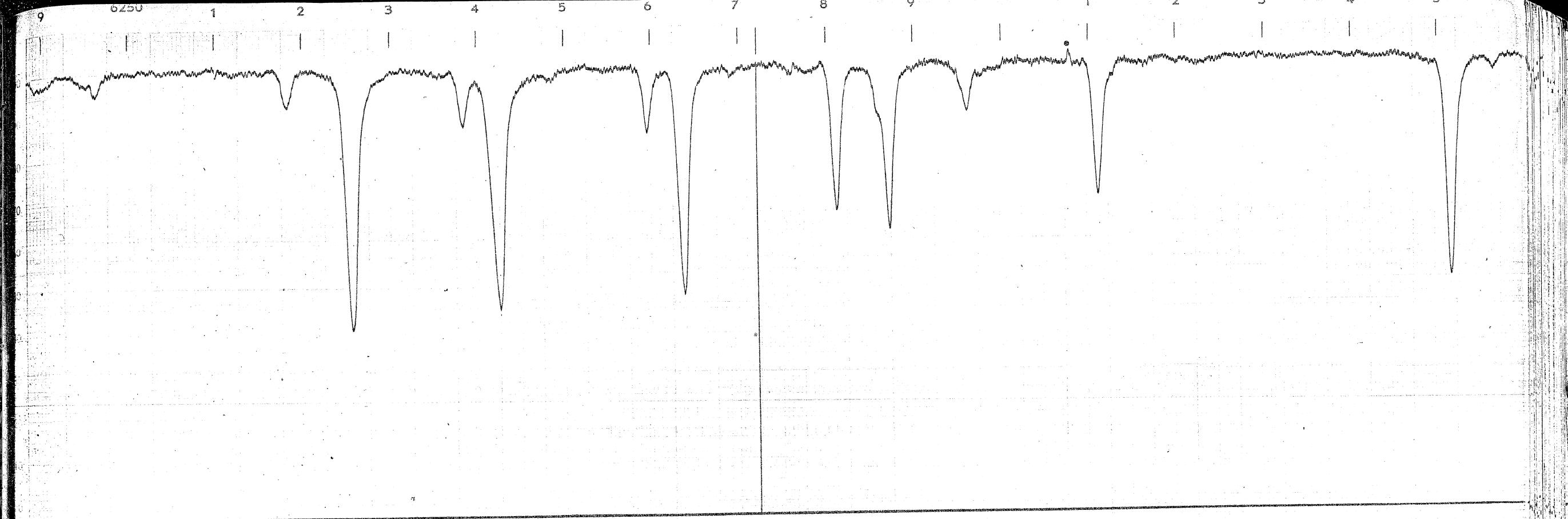


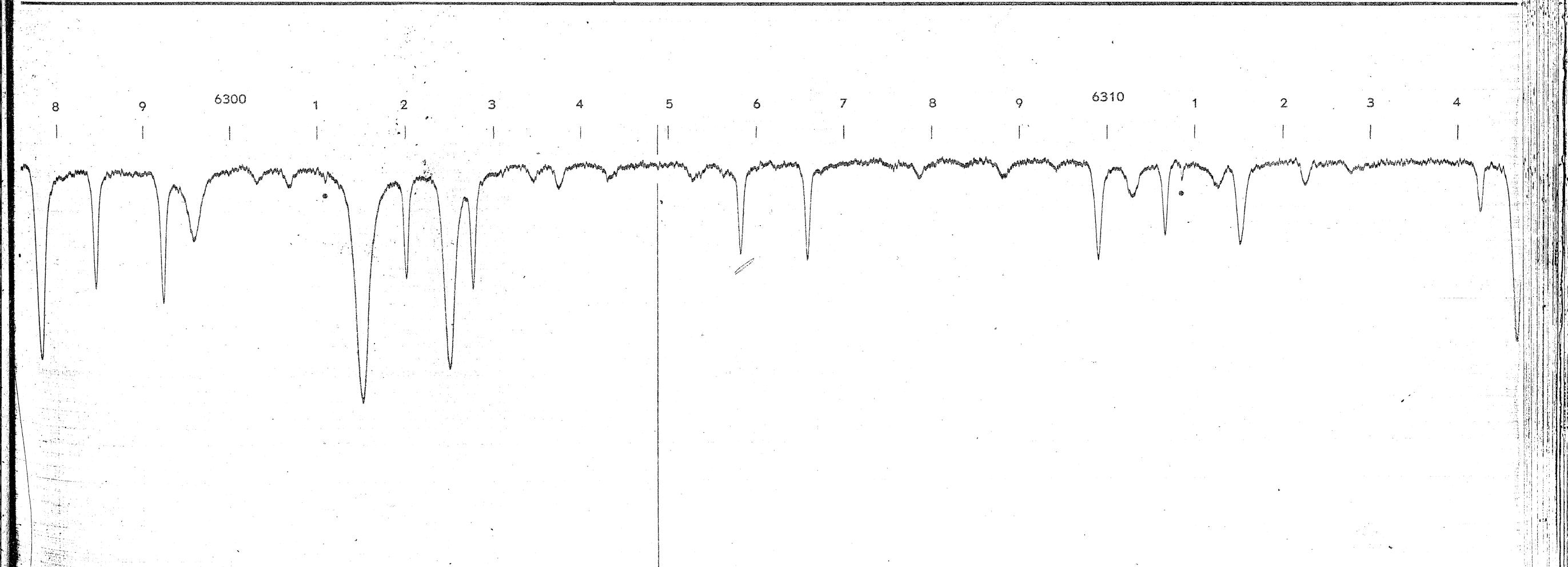
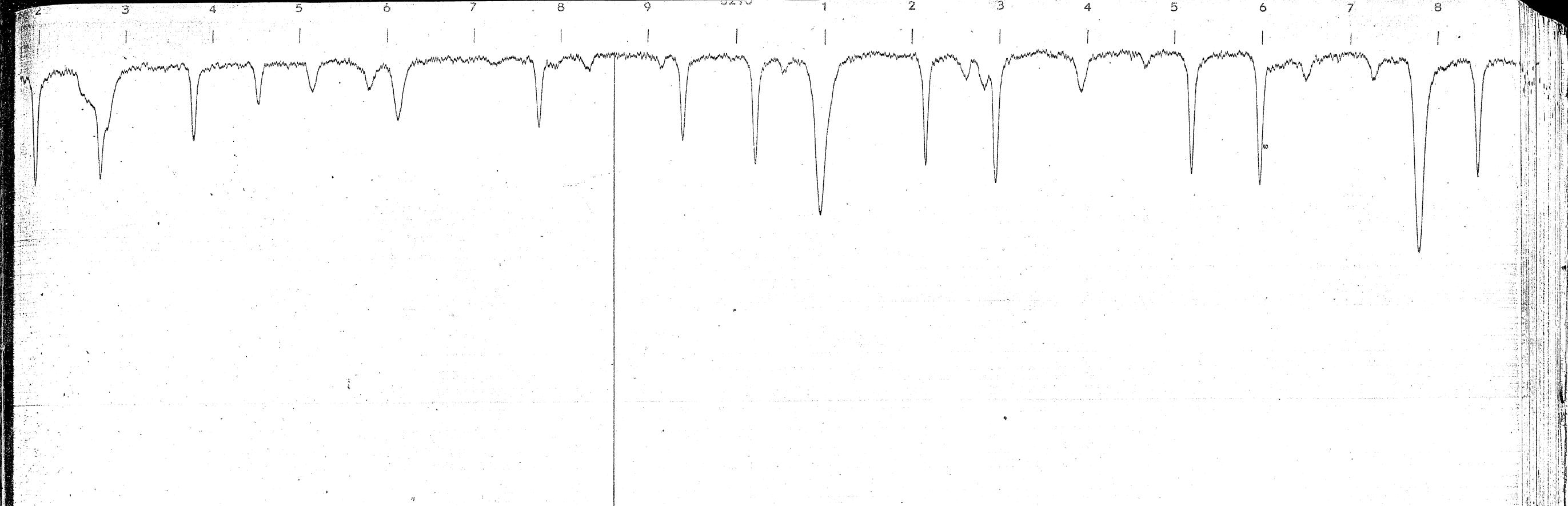


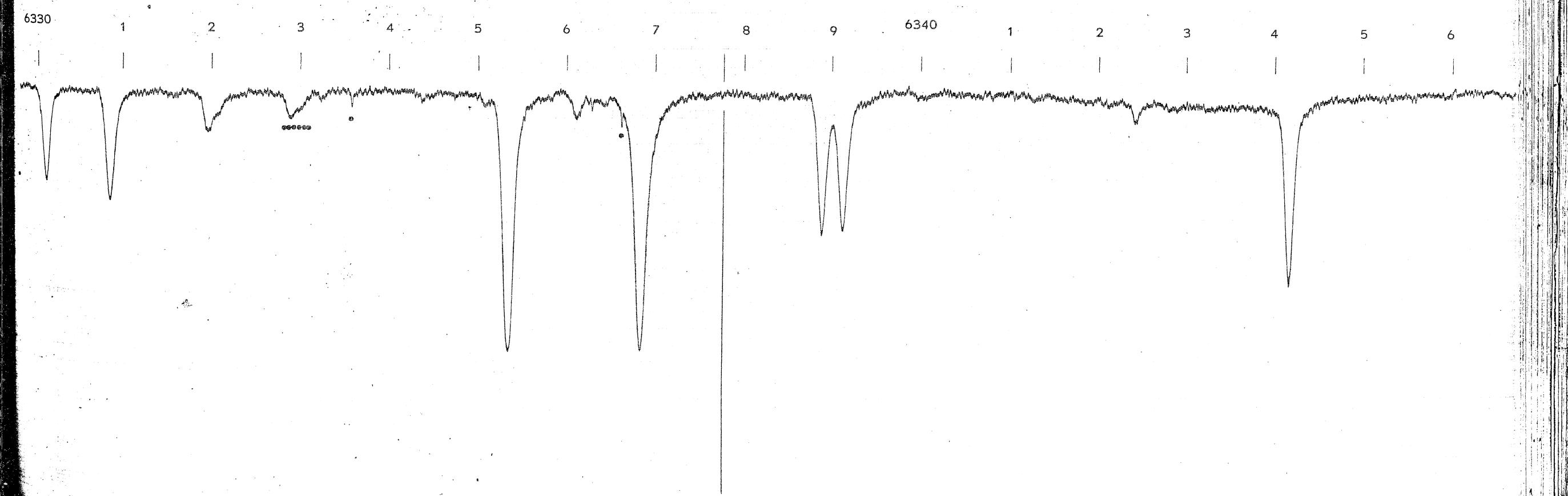
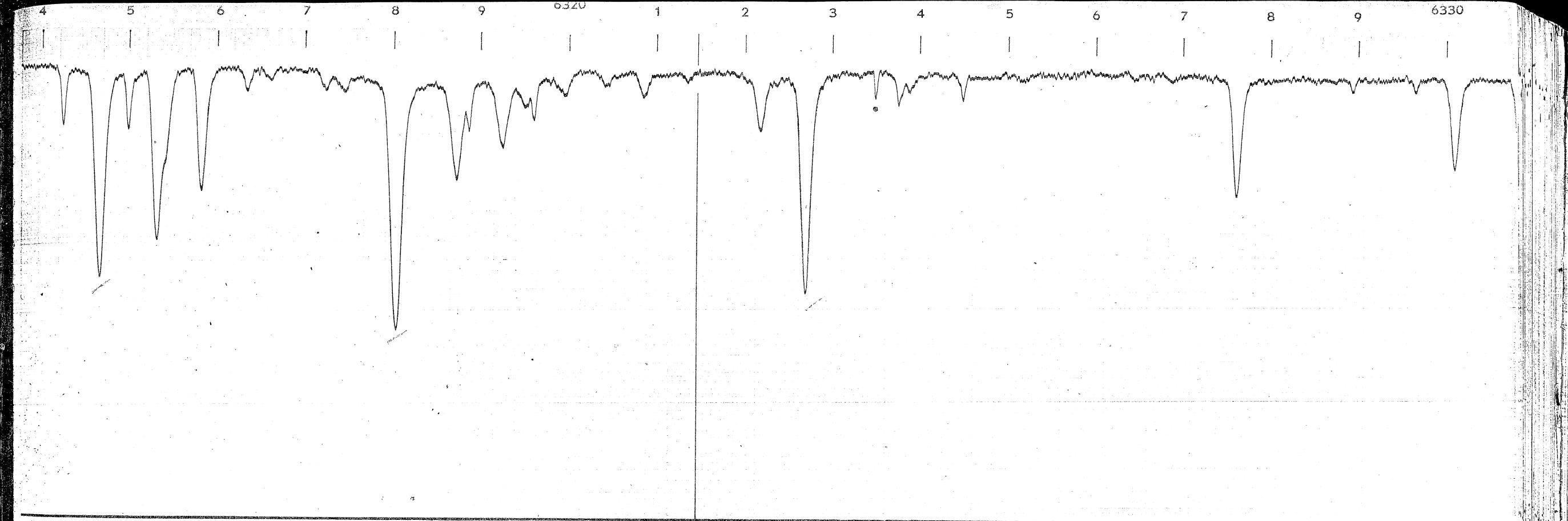


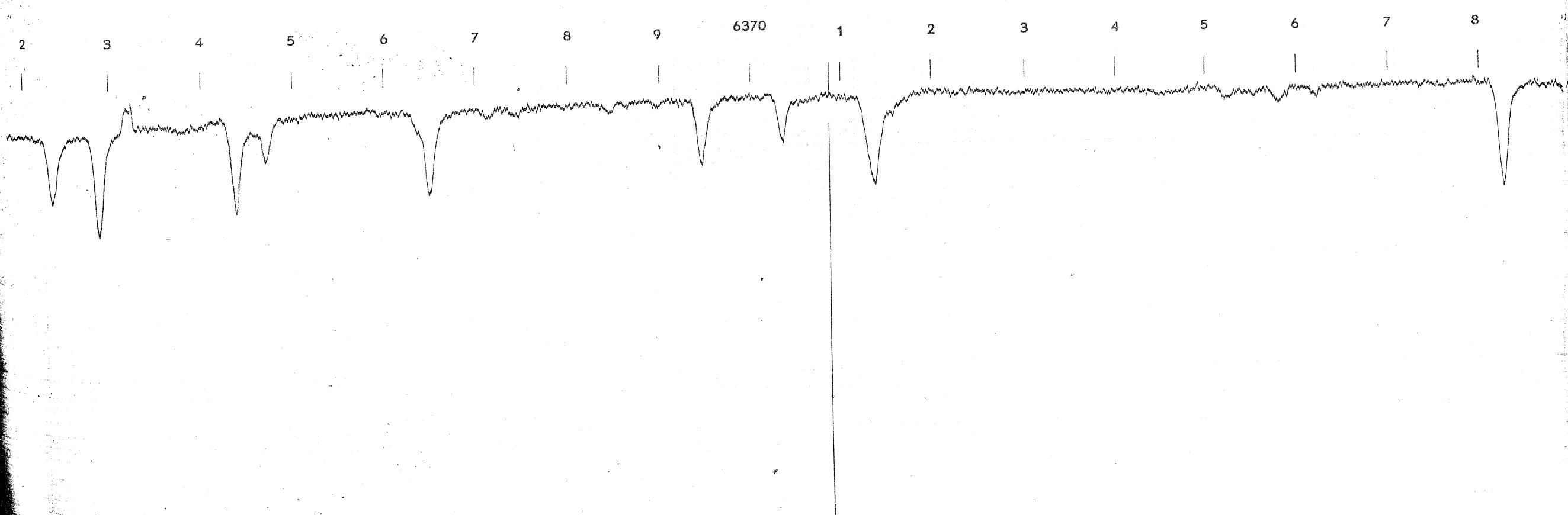
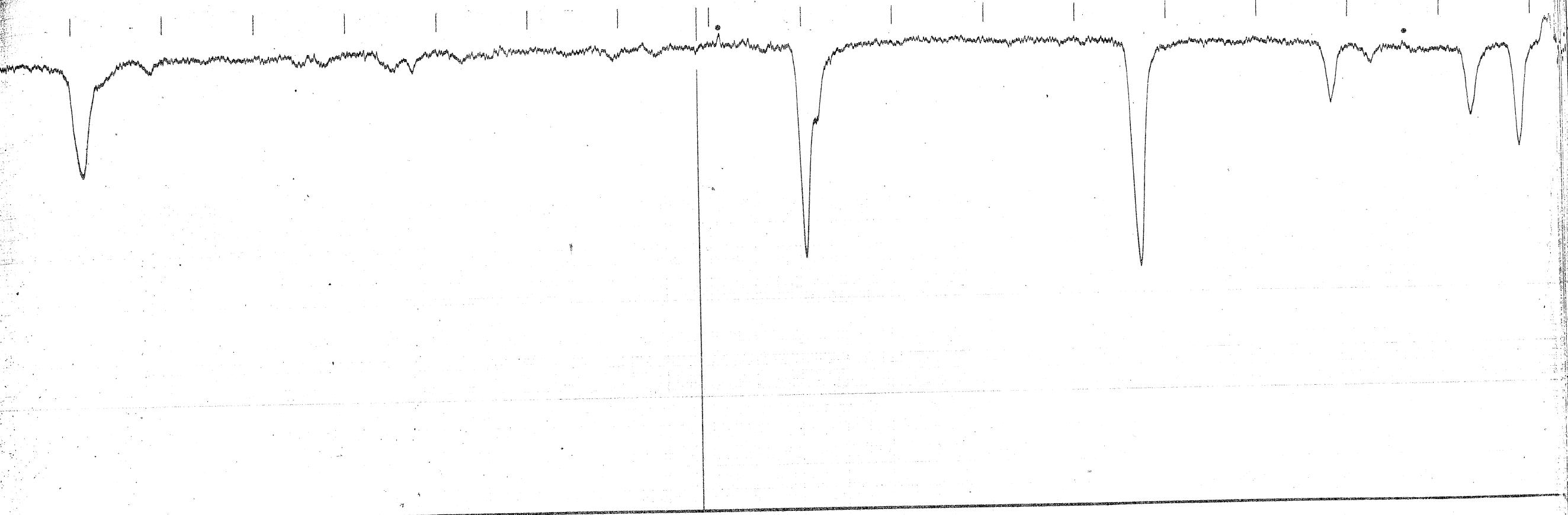


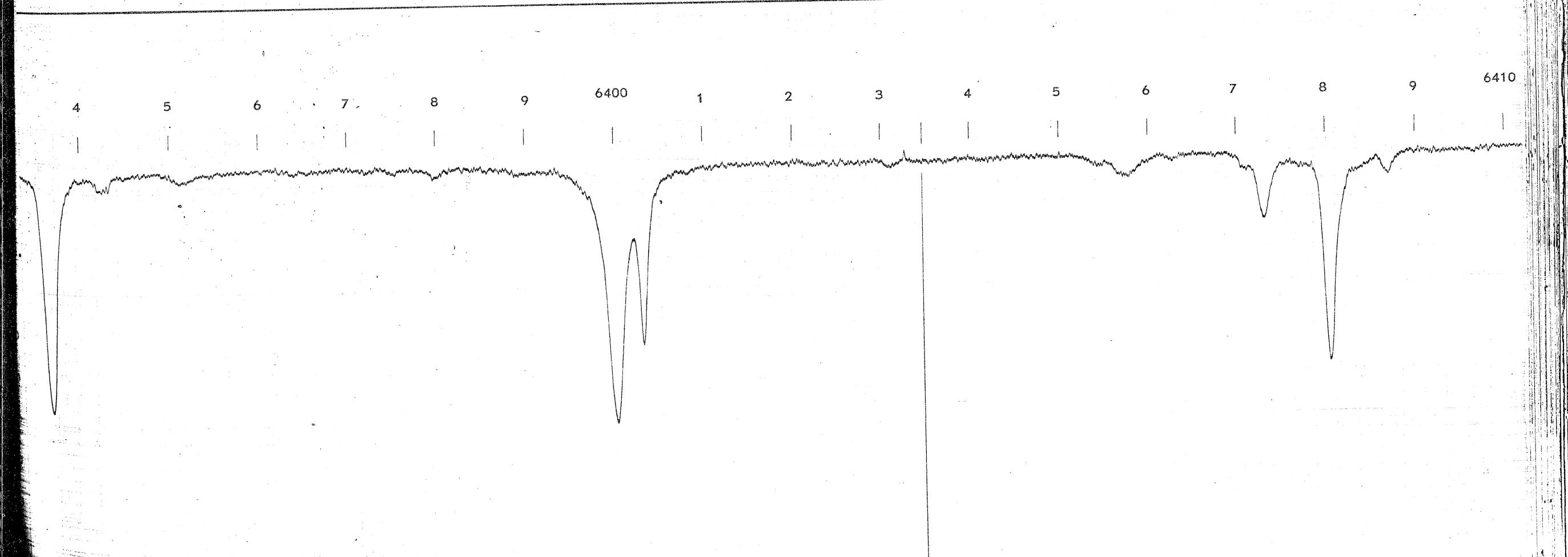
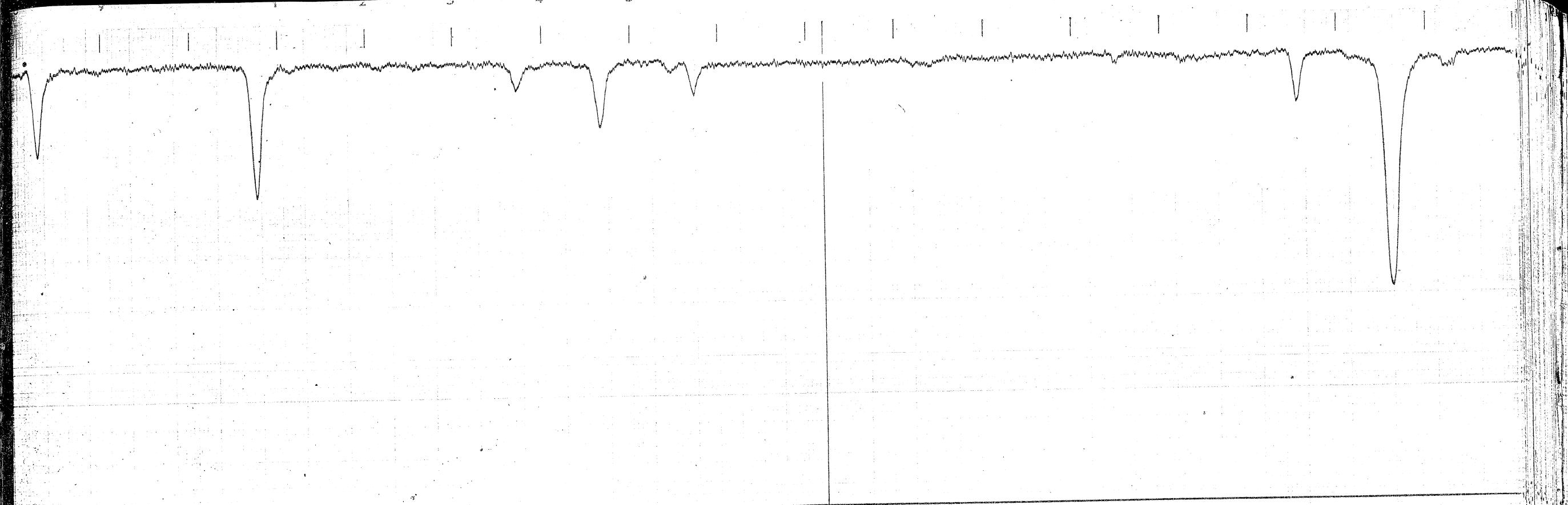


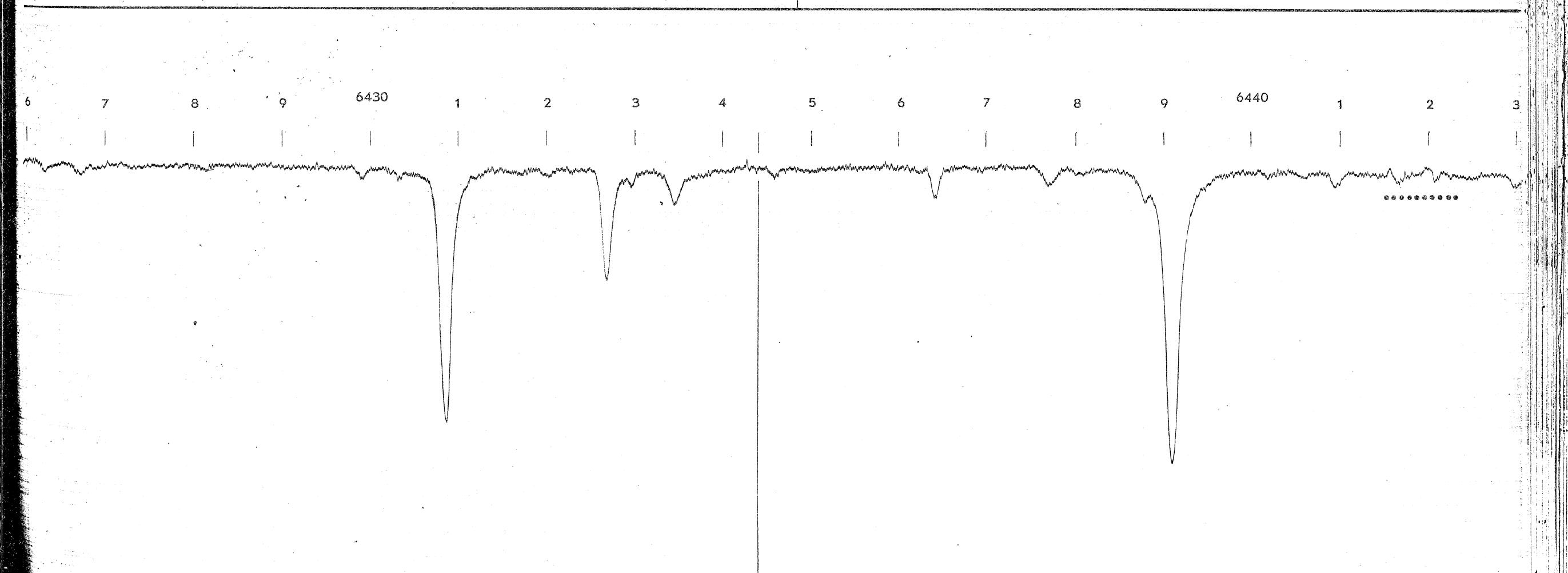
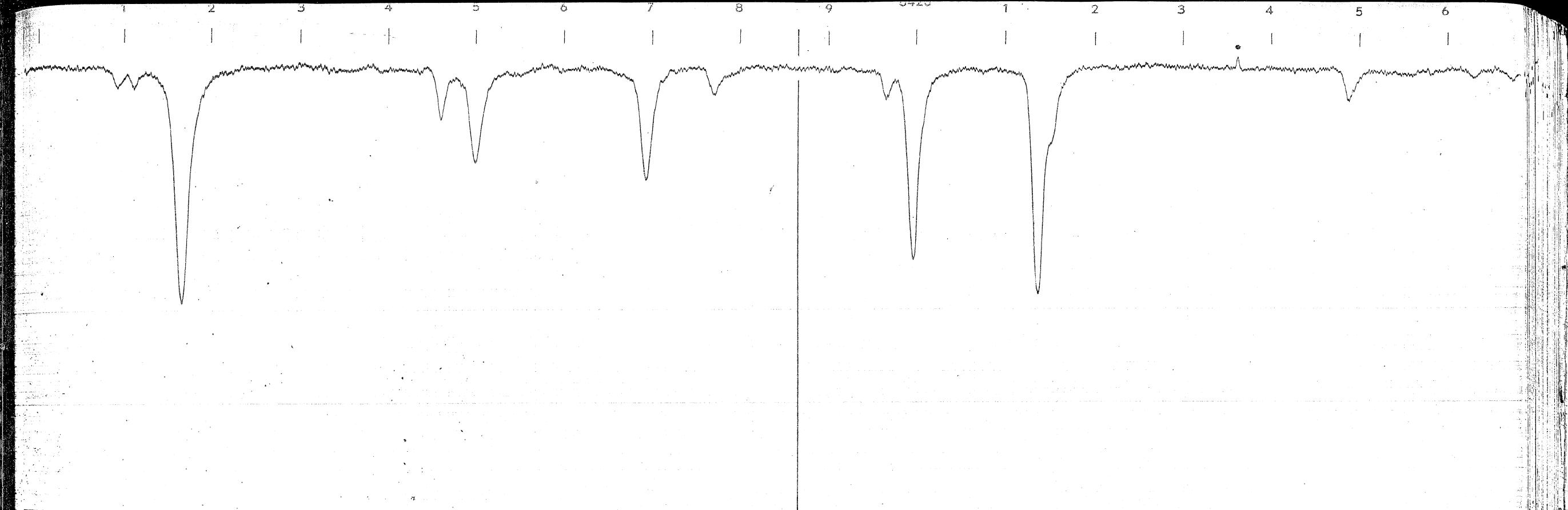


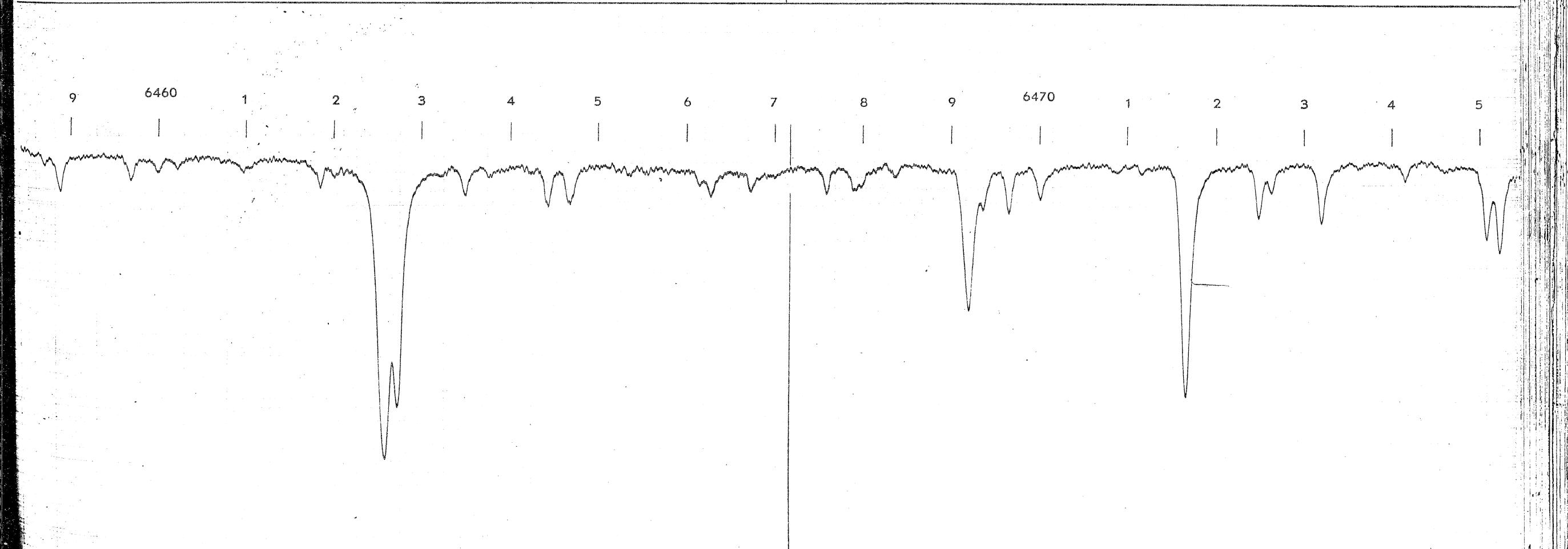
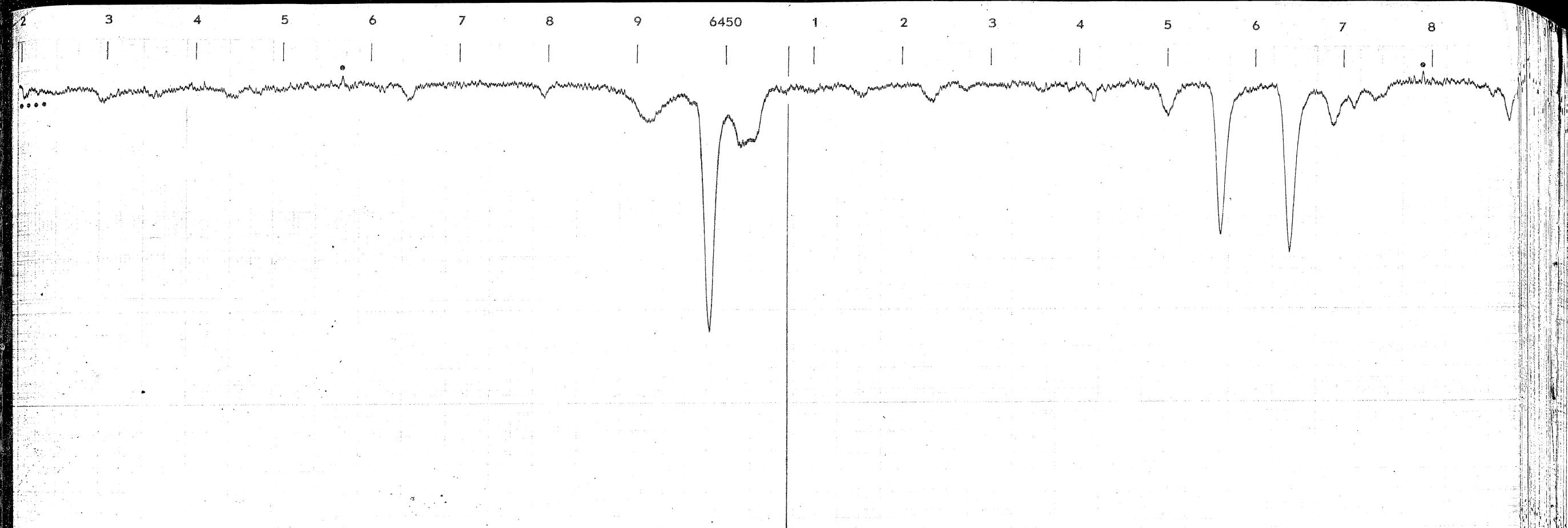


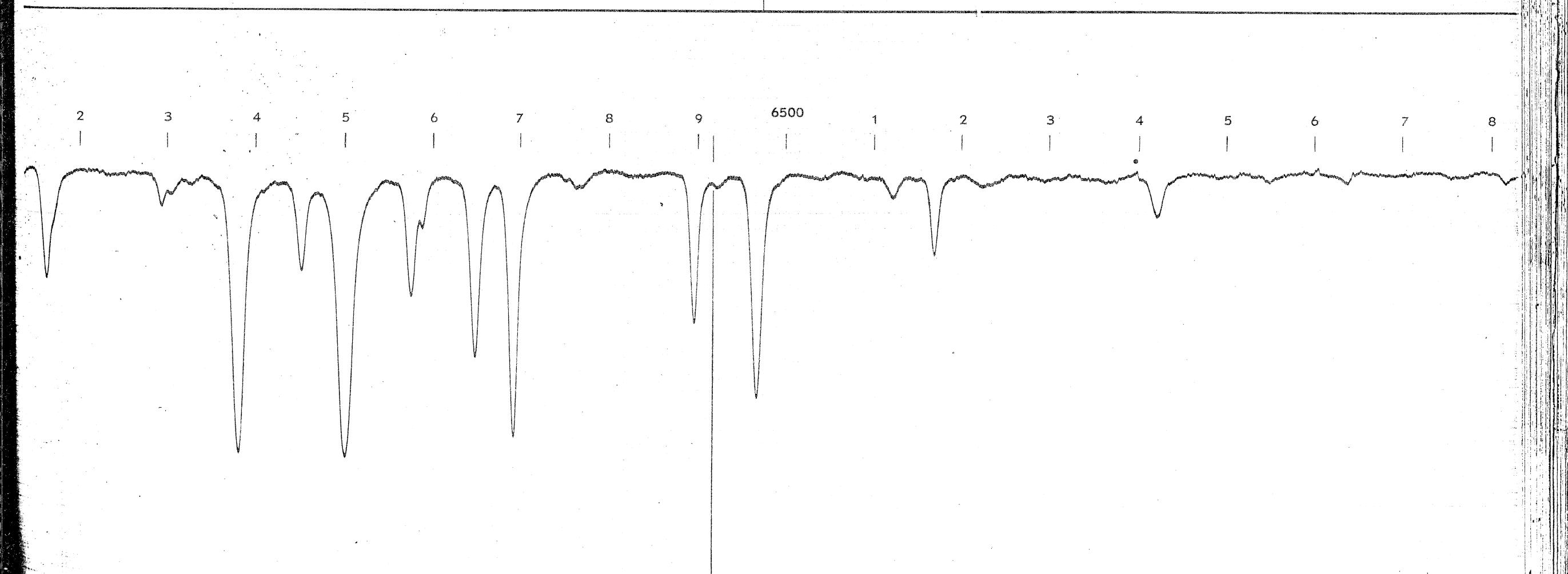
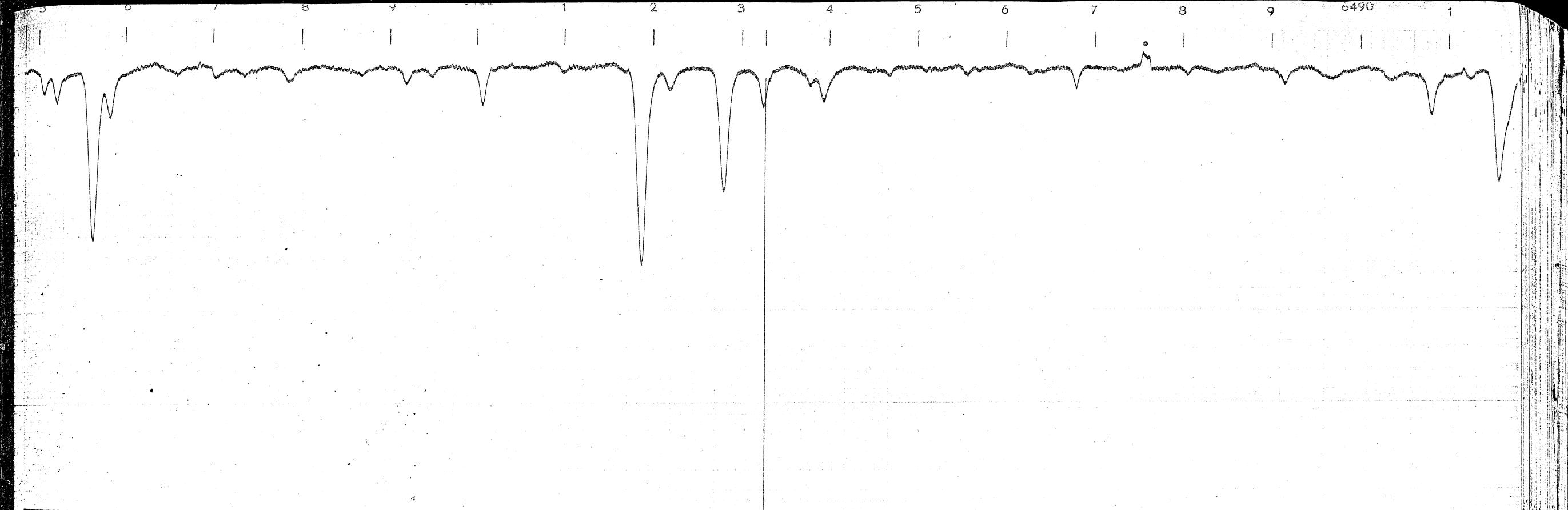


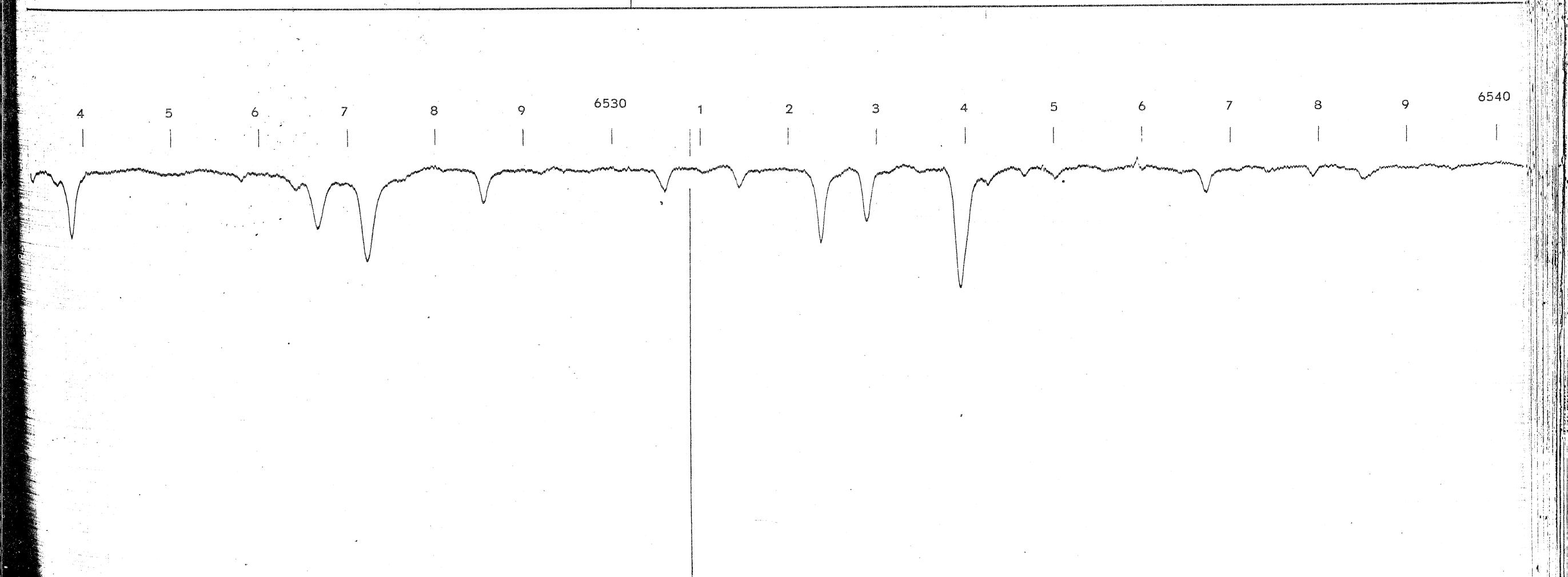
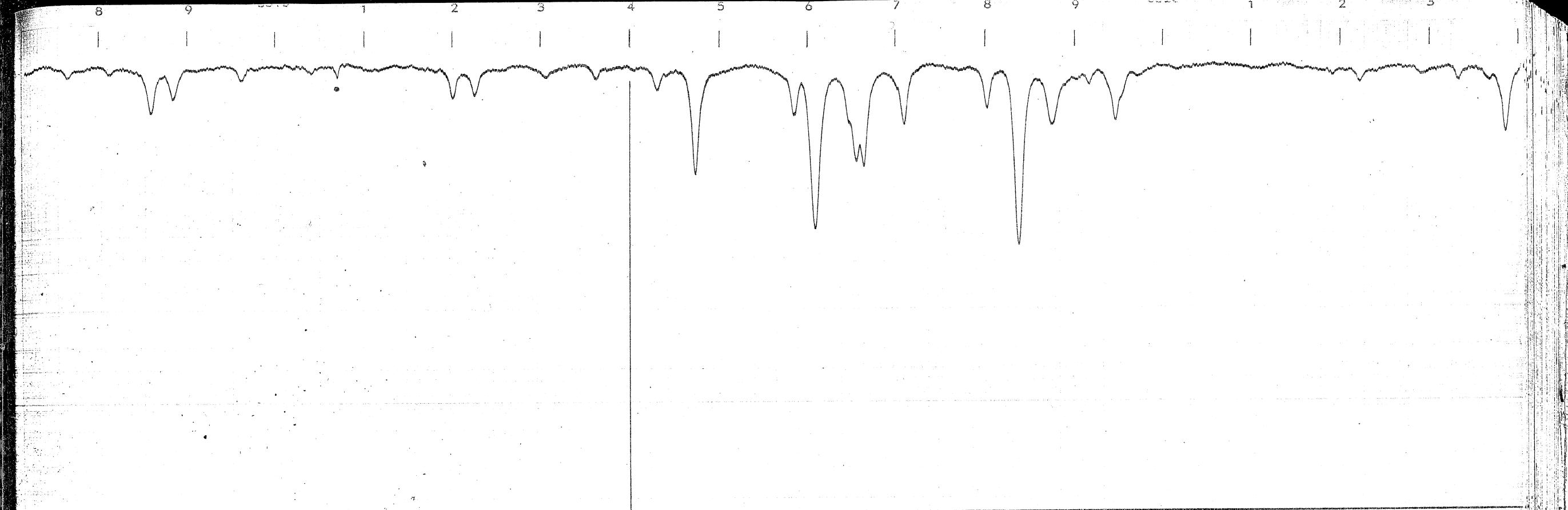


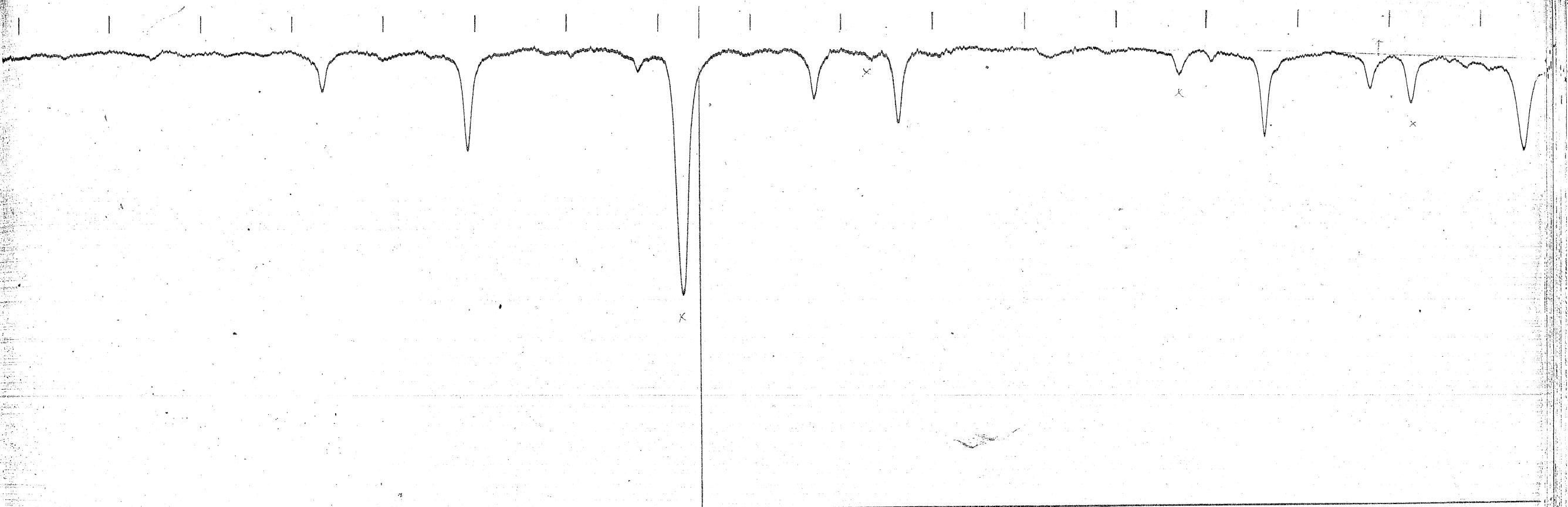




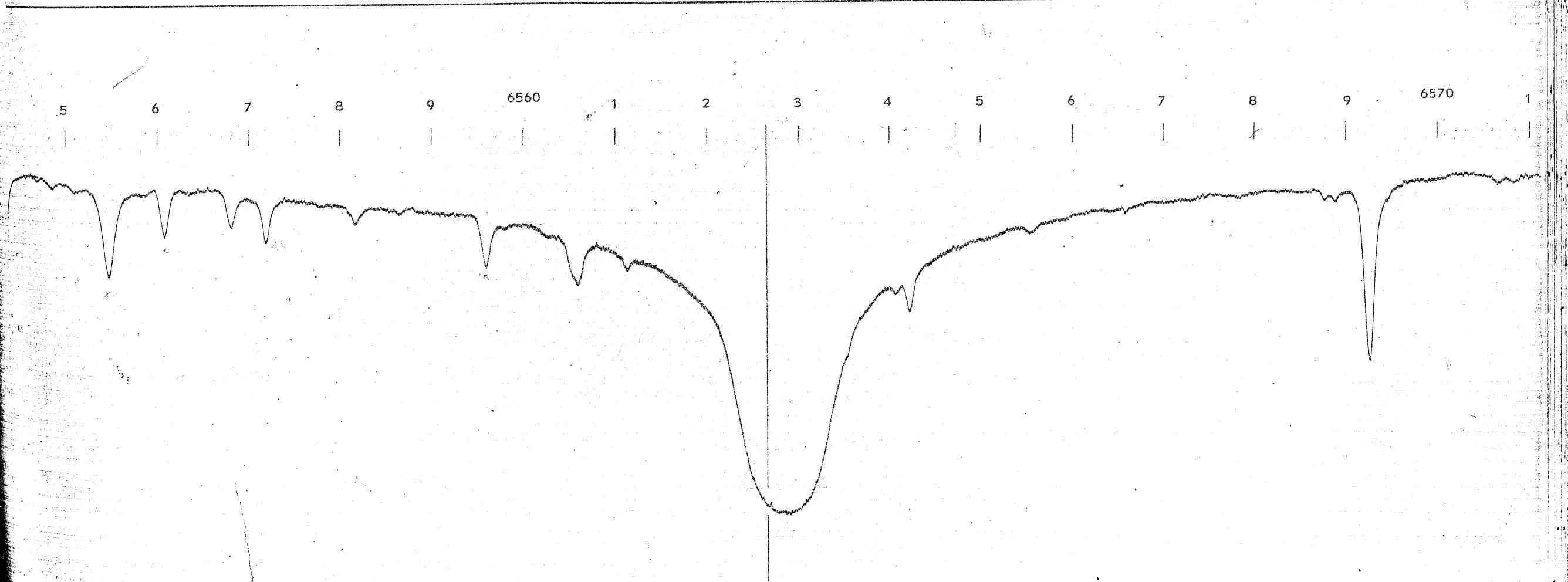


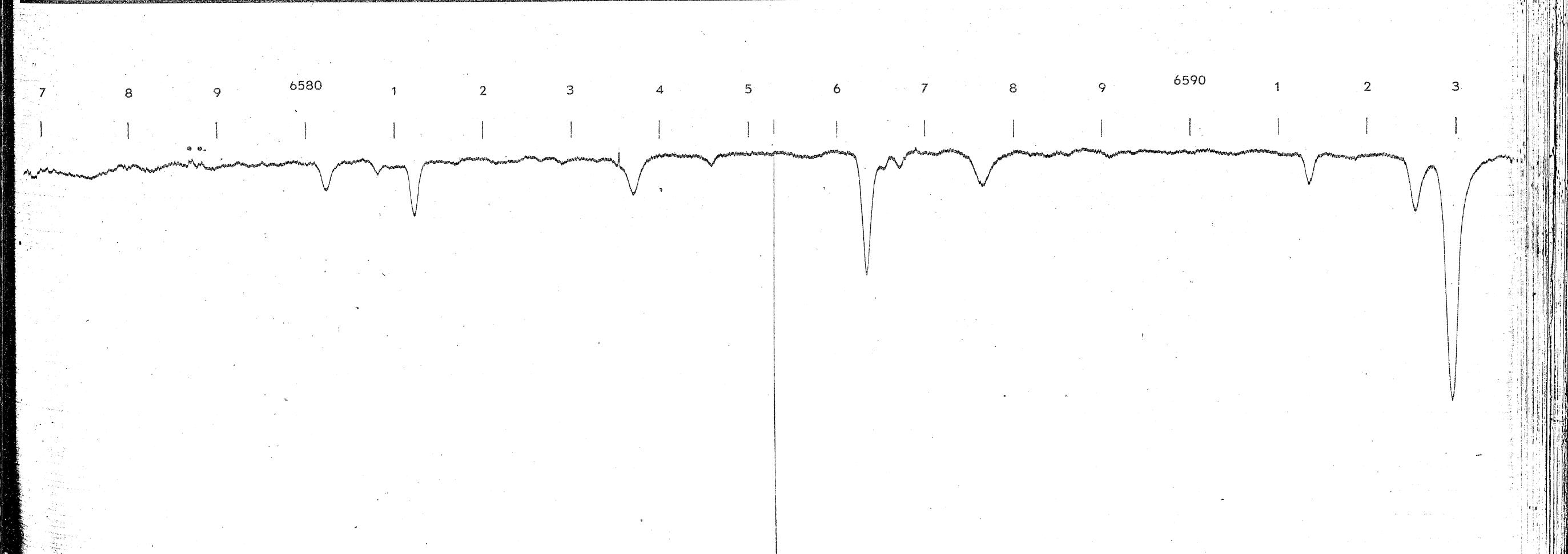
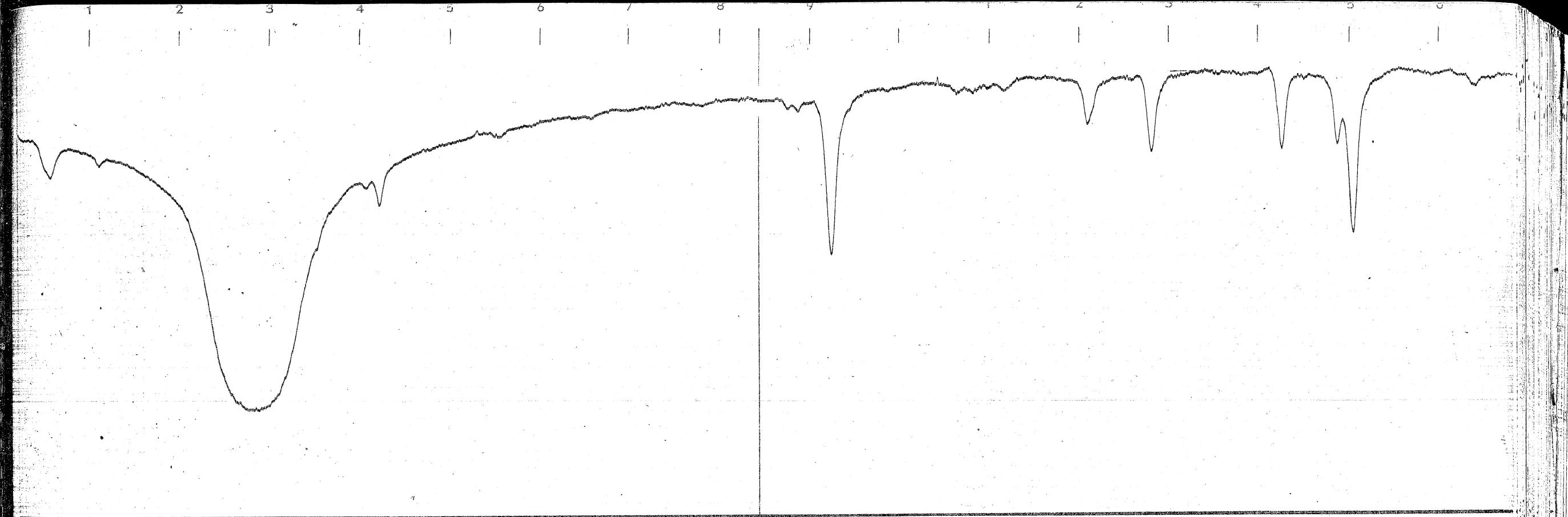


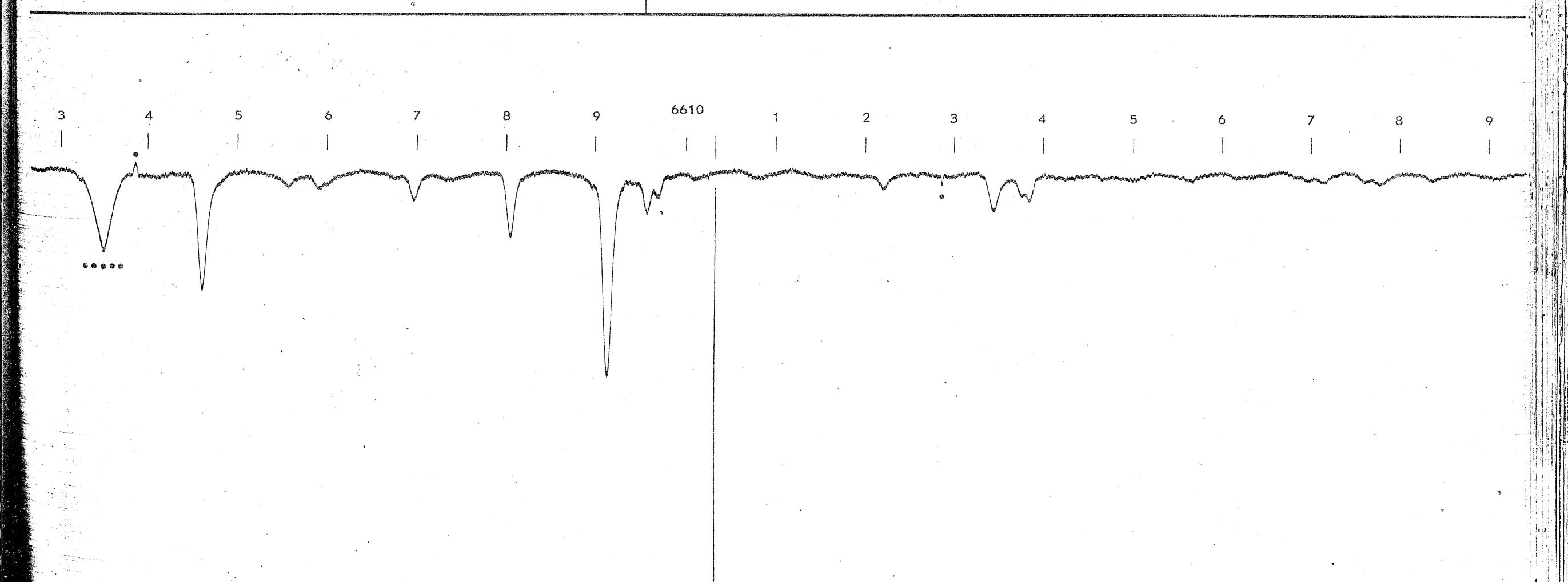
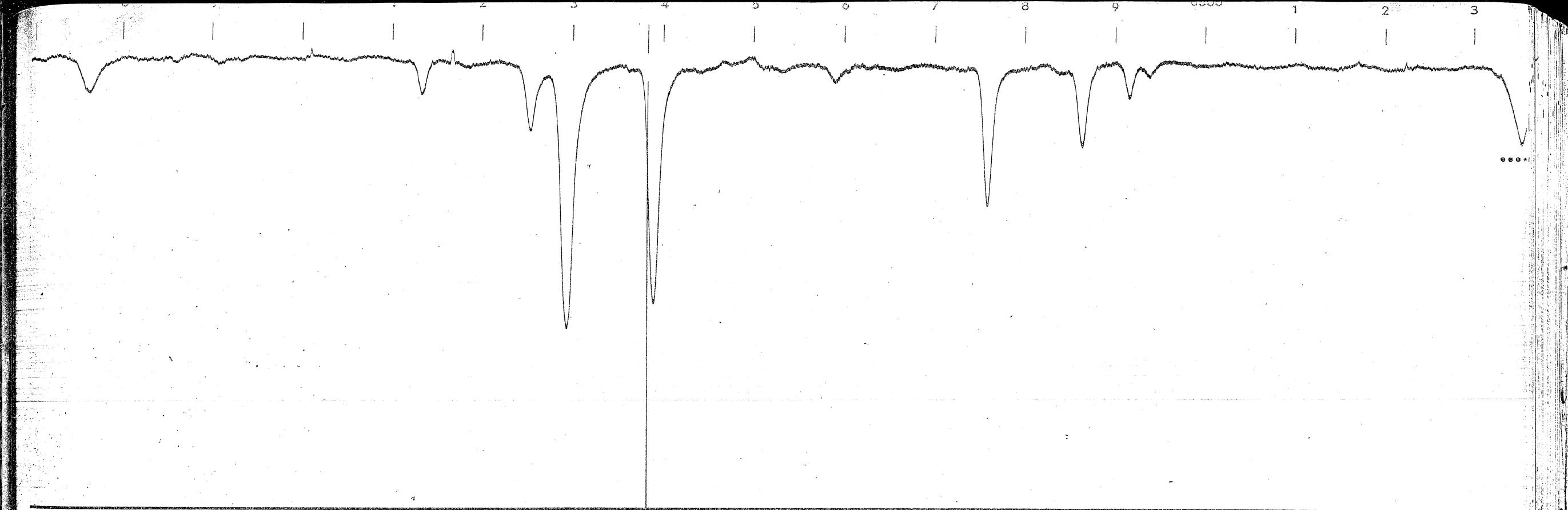


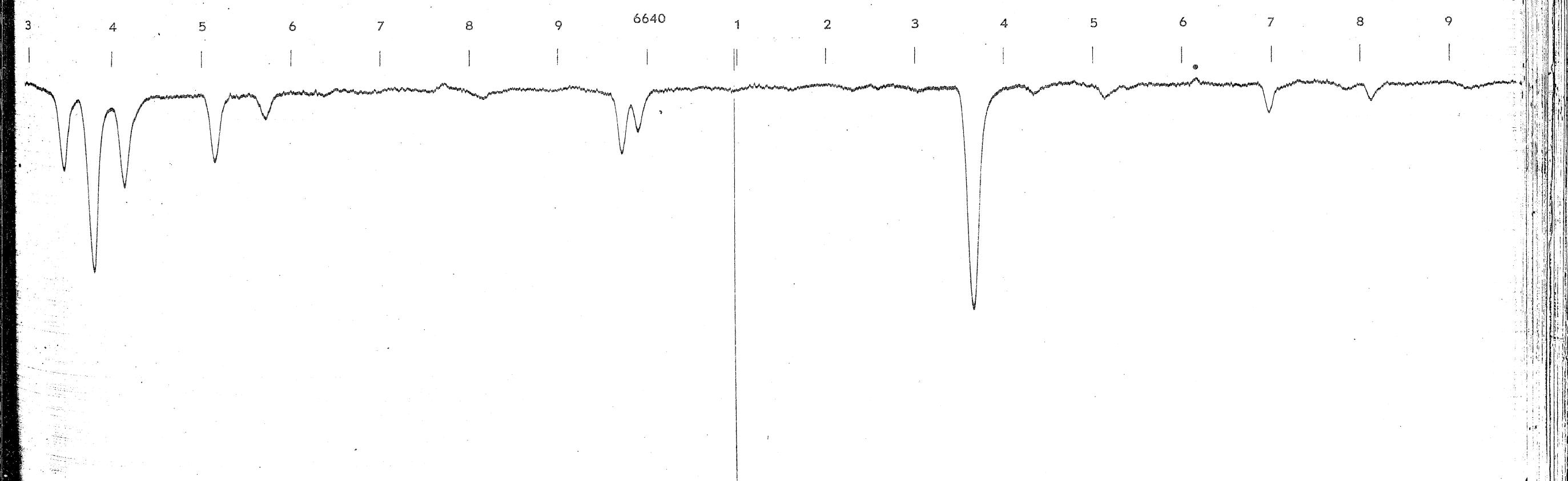
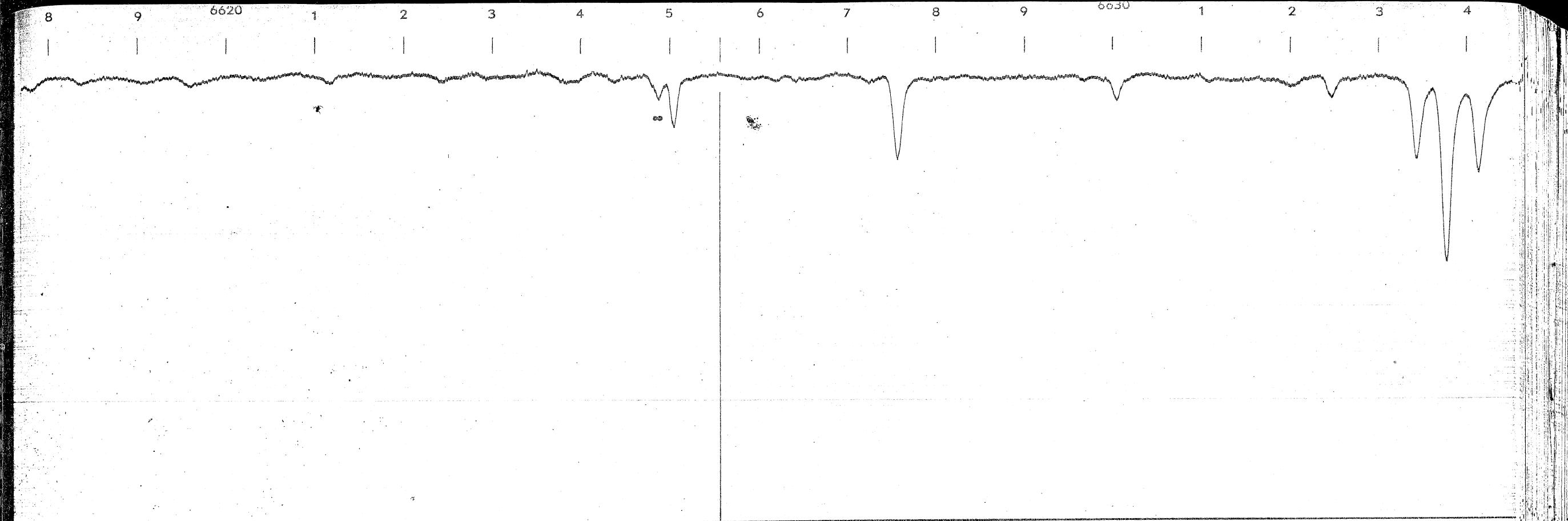


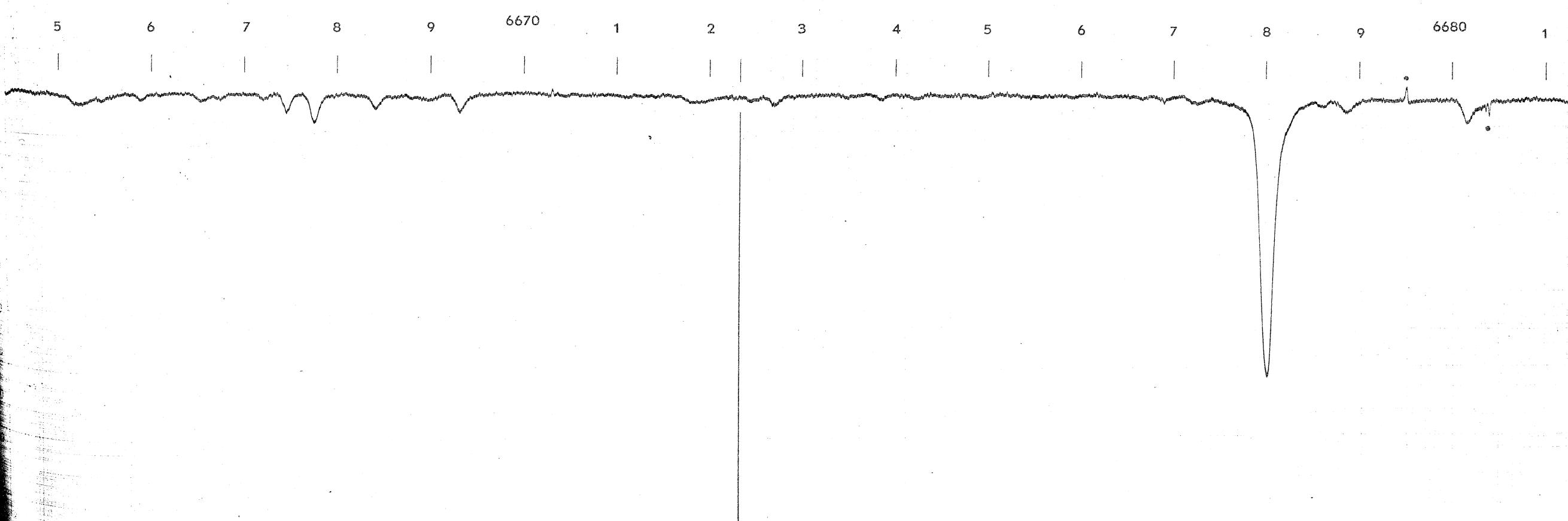
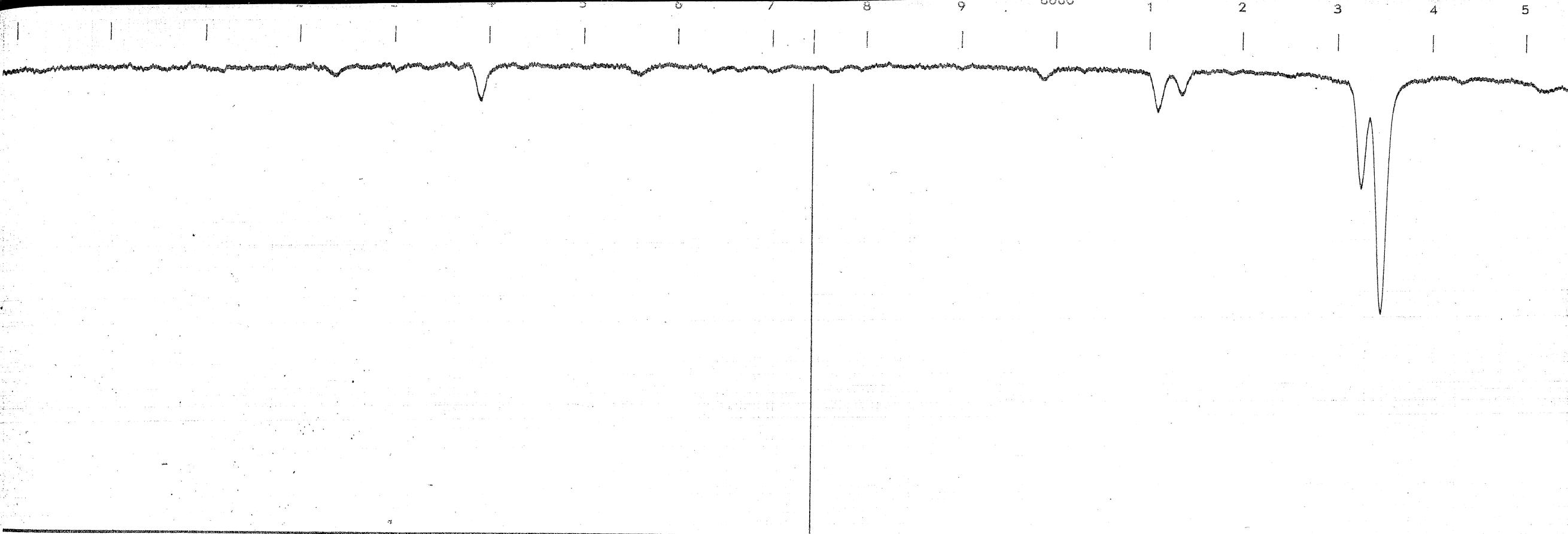
5 6 7 8 9 6560 1 2 3 4 5 6 7 8 9 6570 1

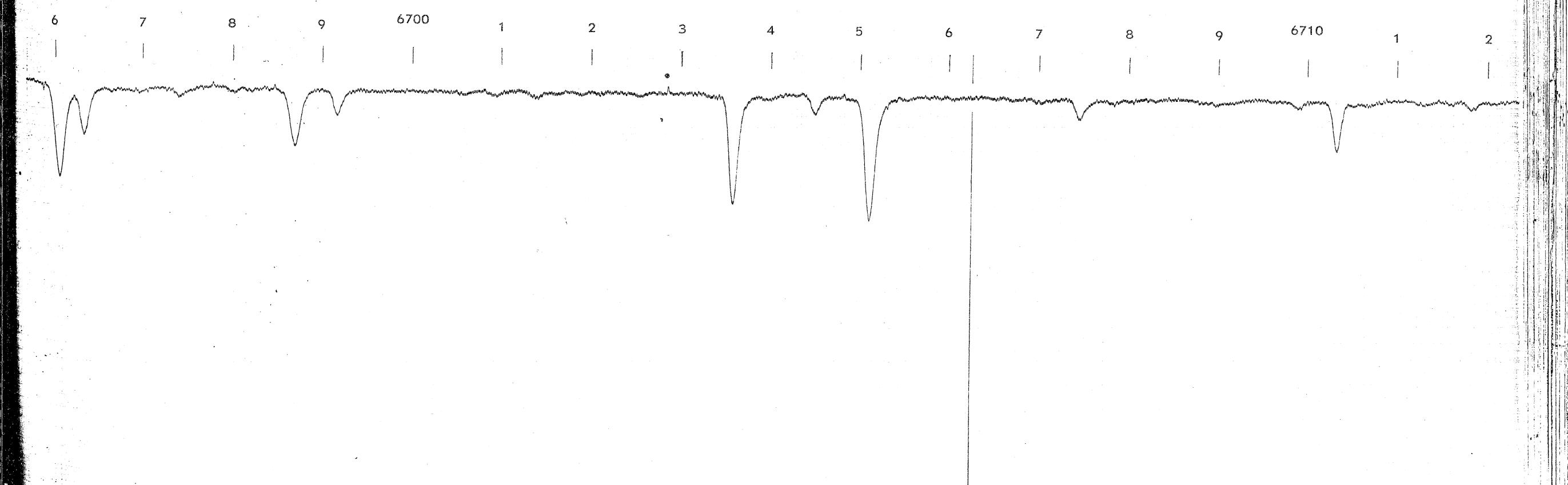
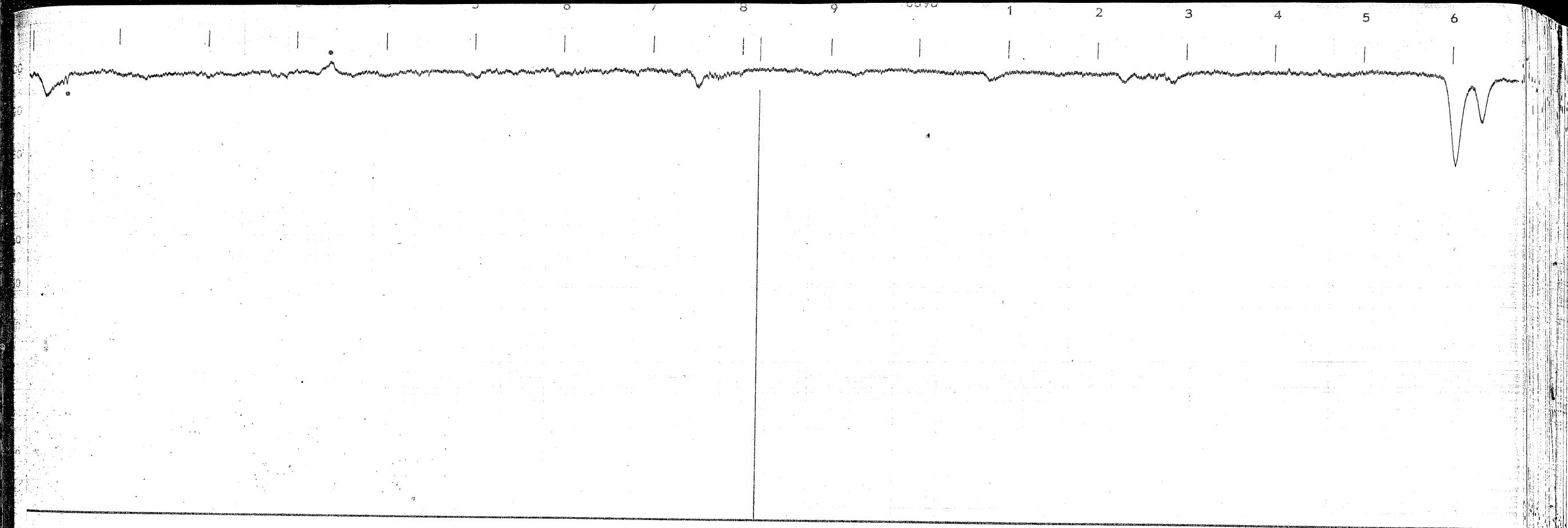


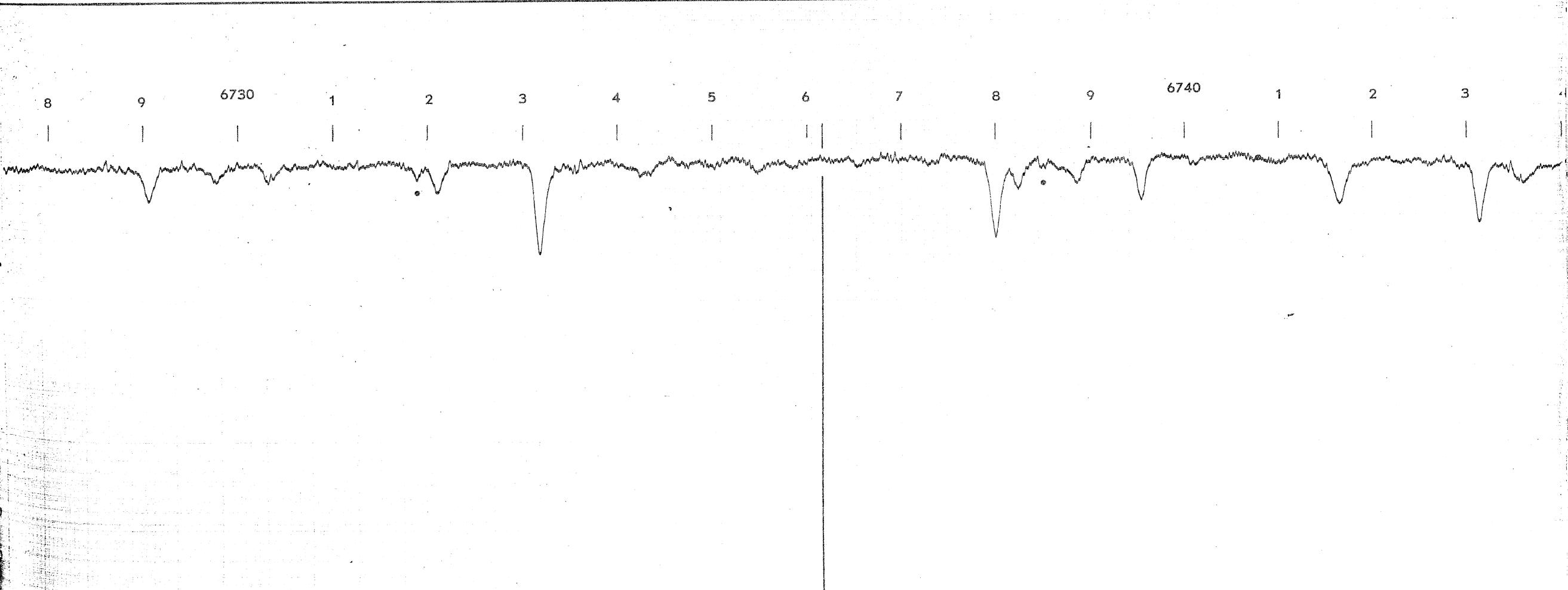
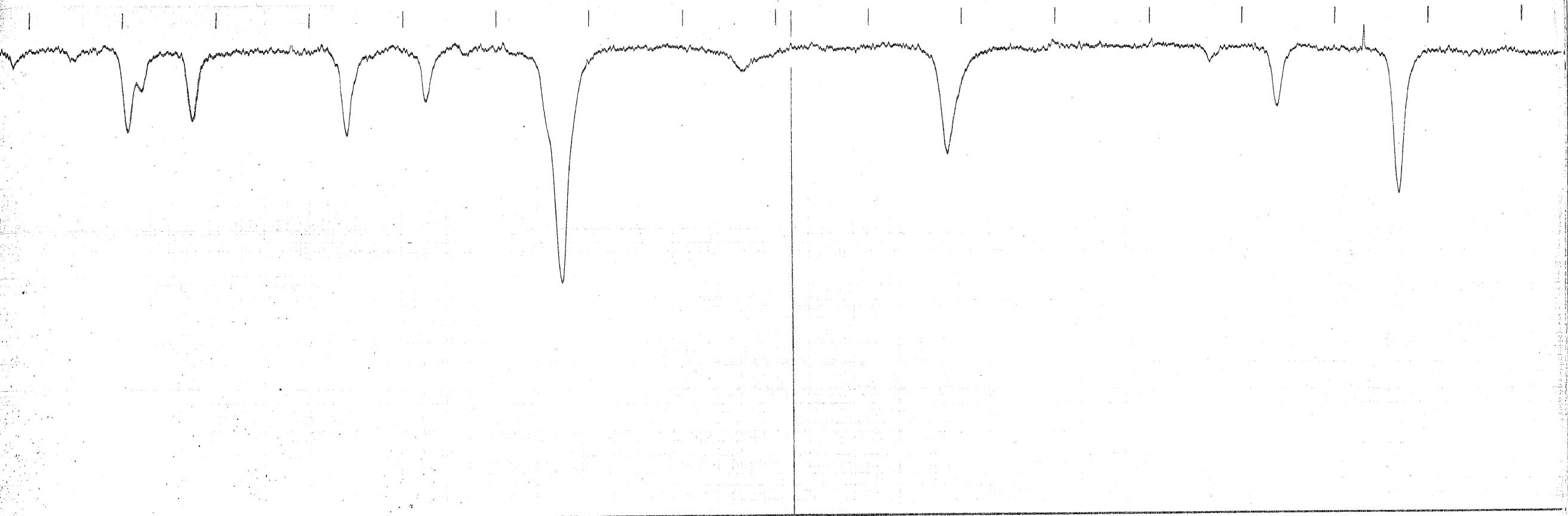


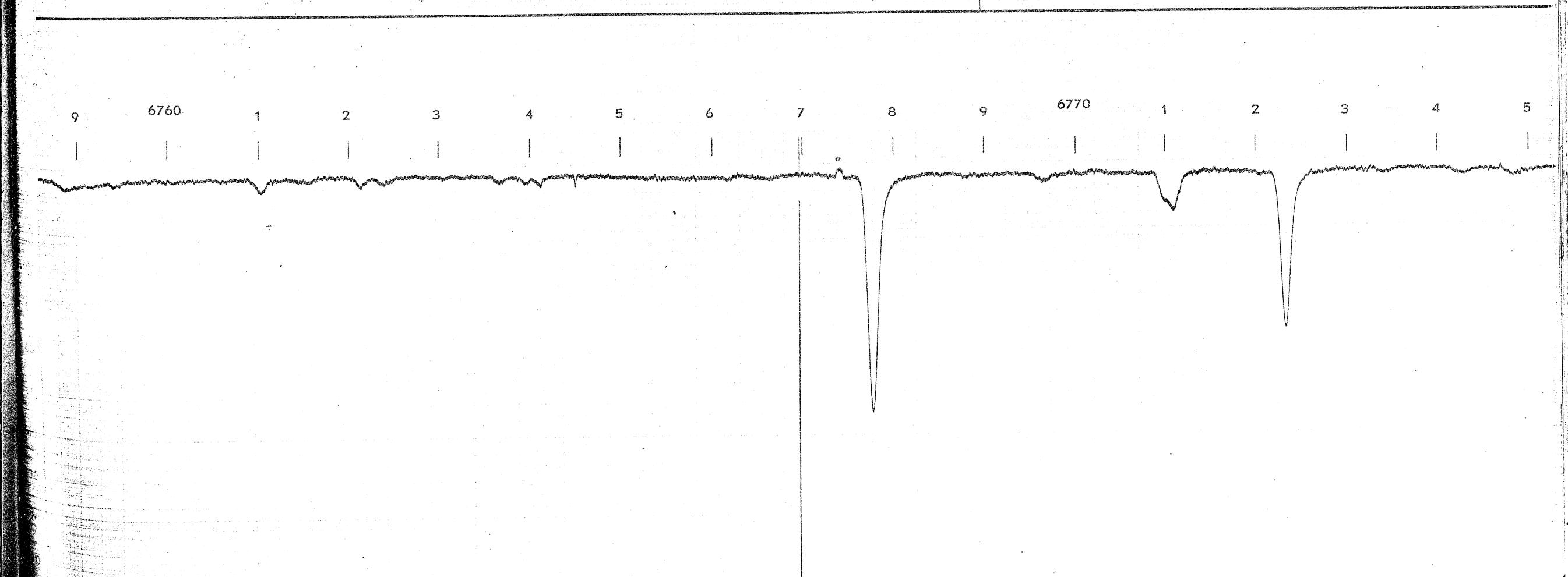


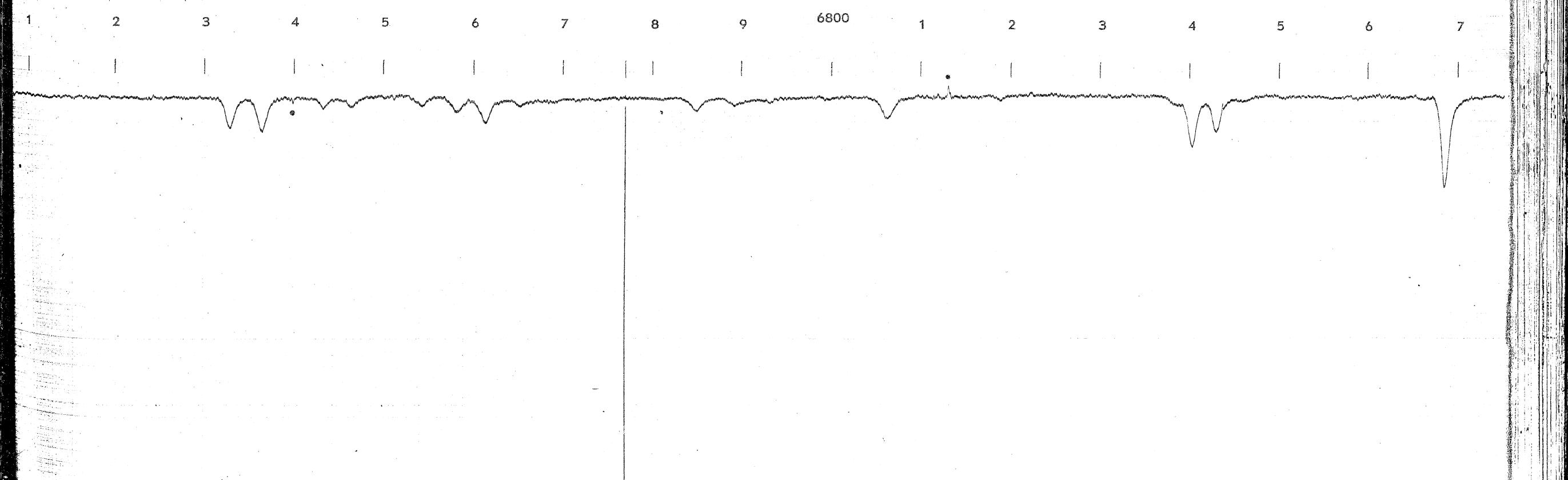
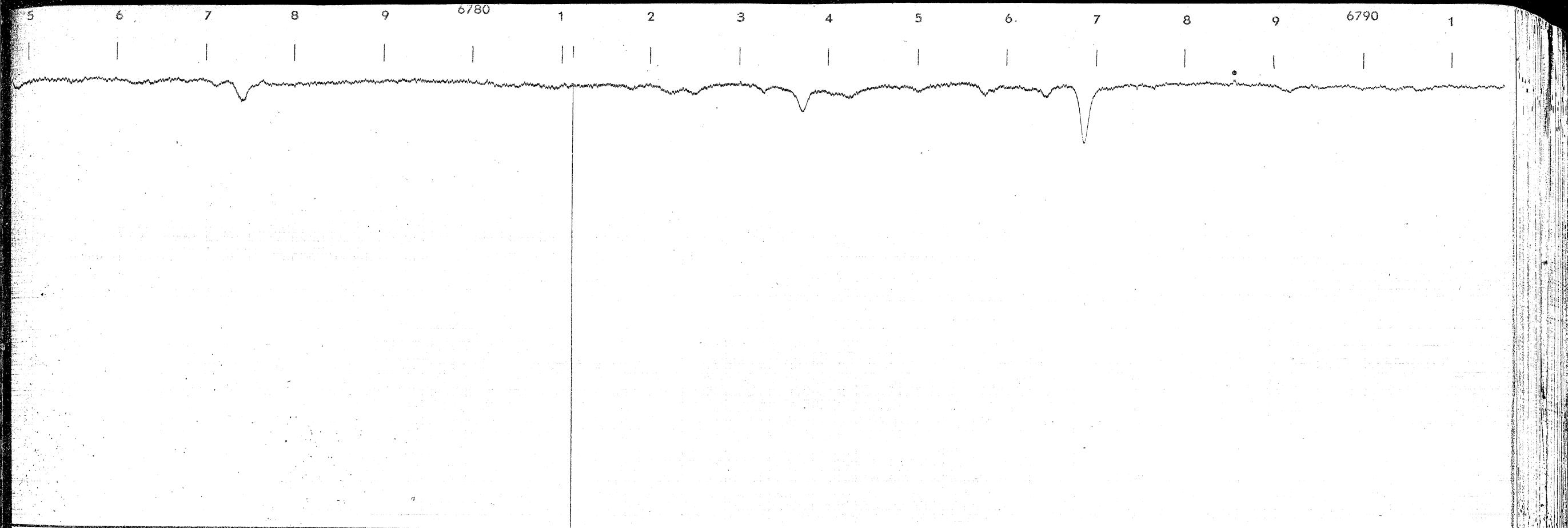


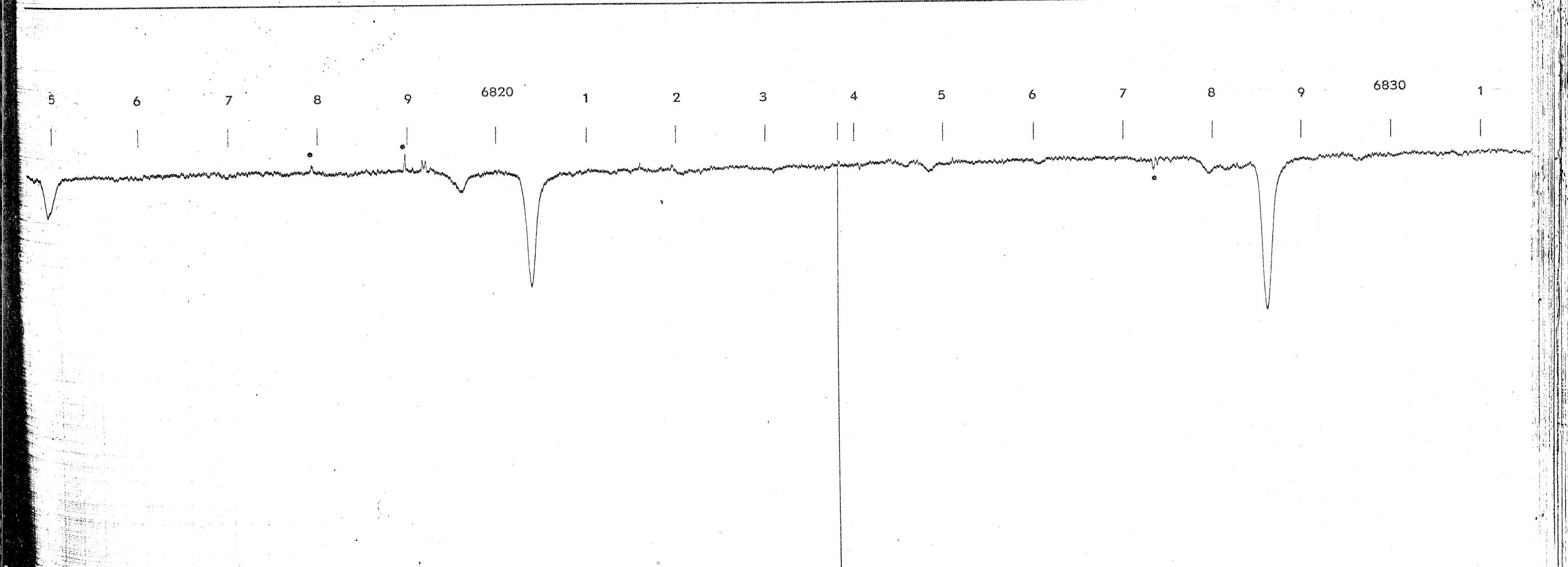
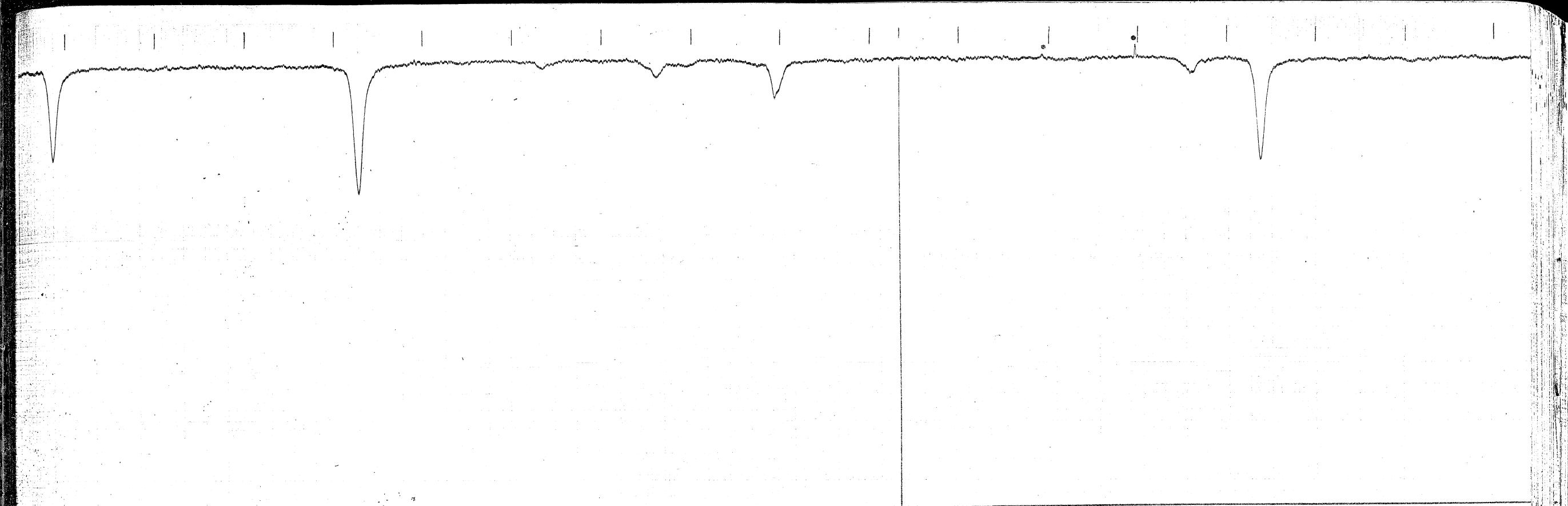


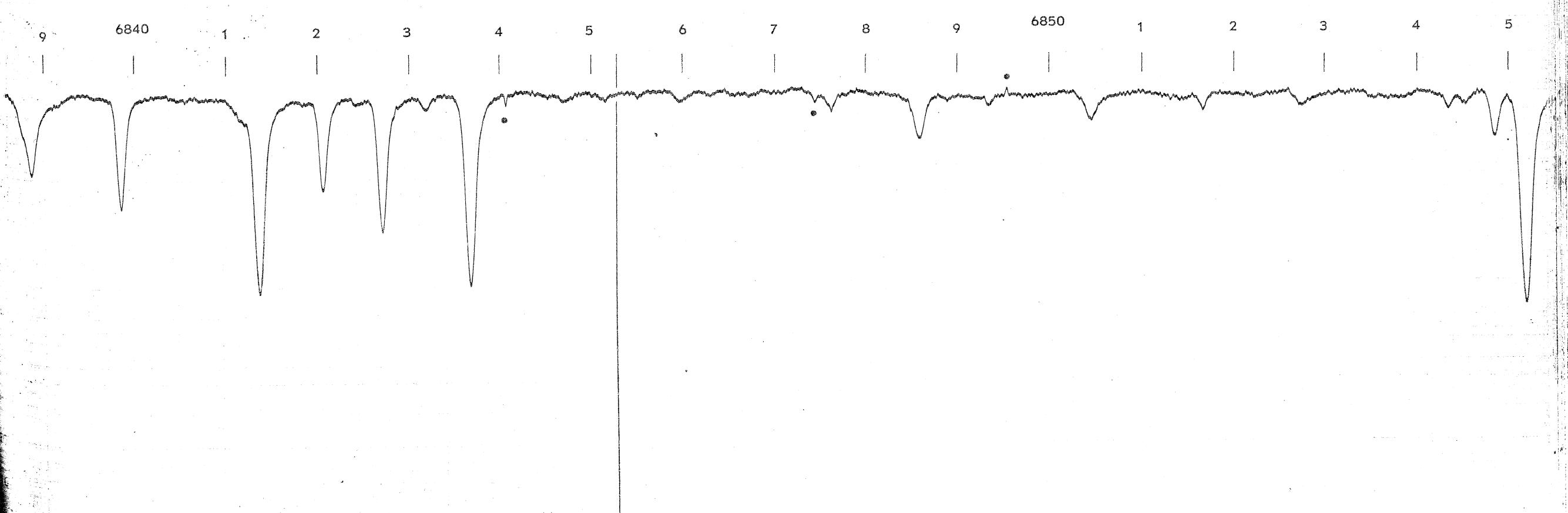
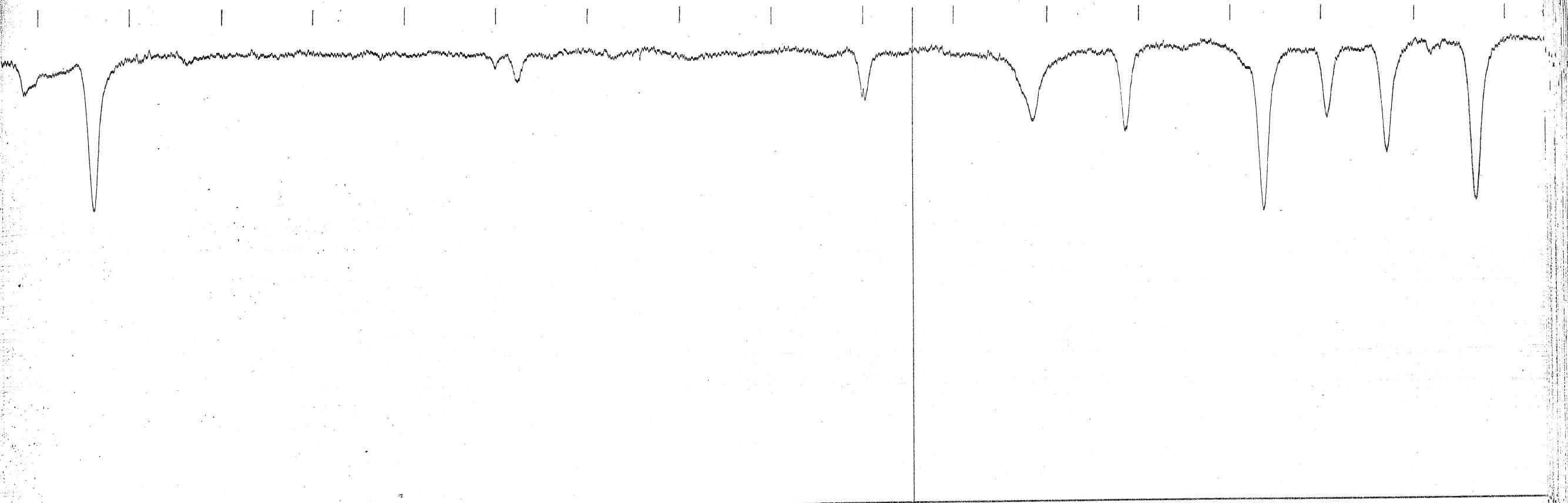


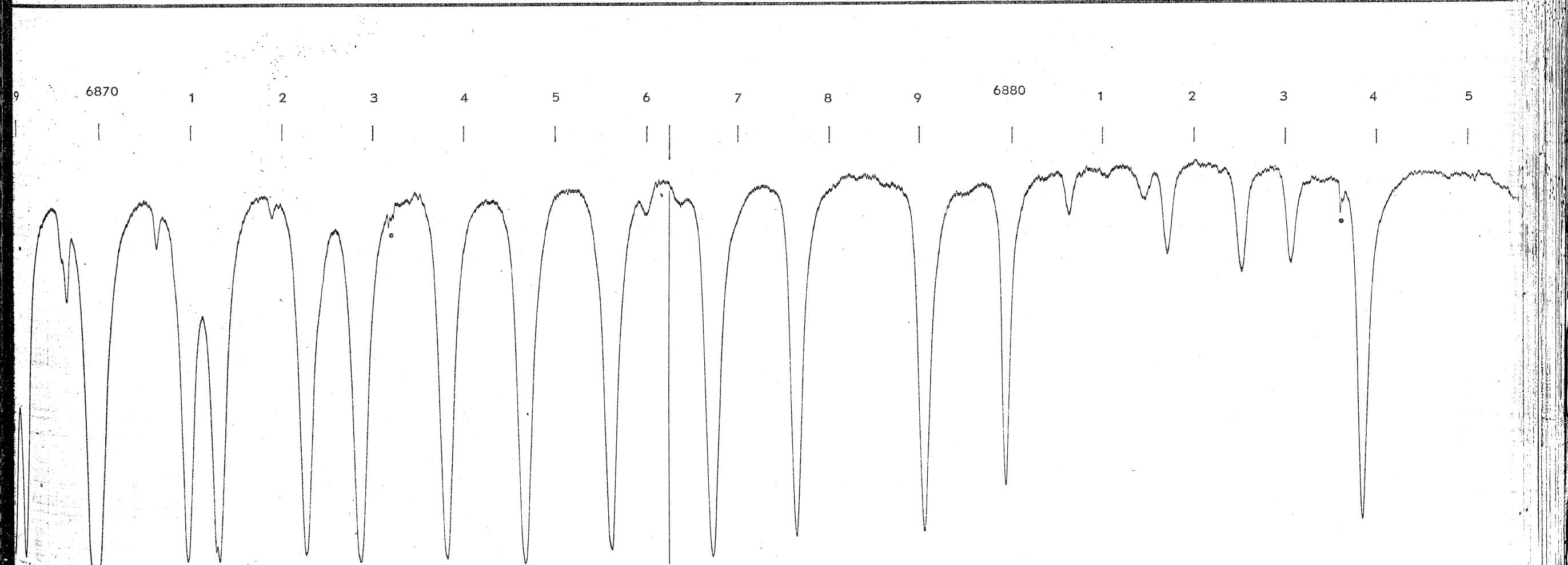
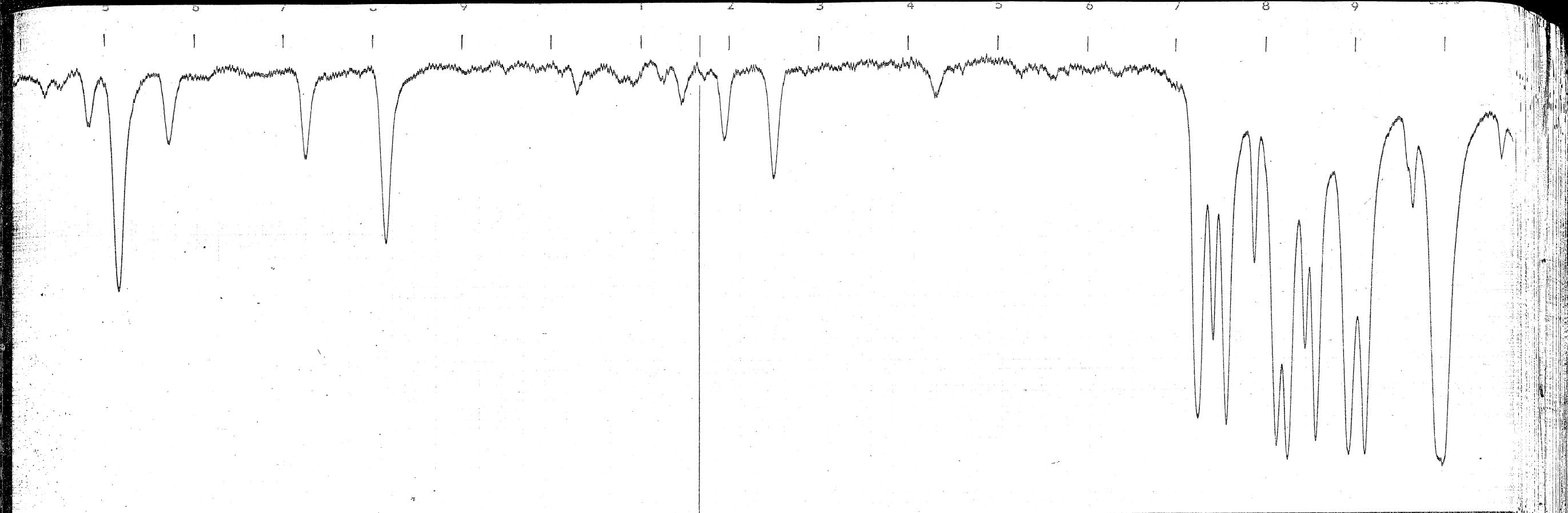


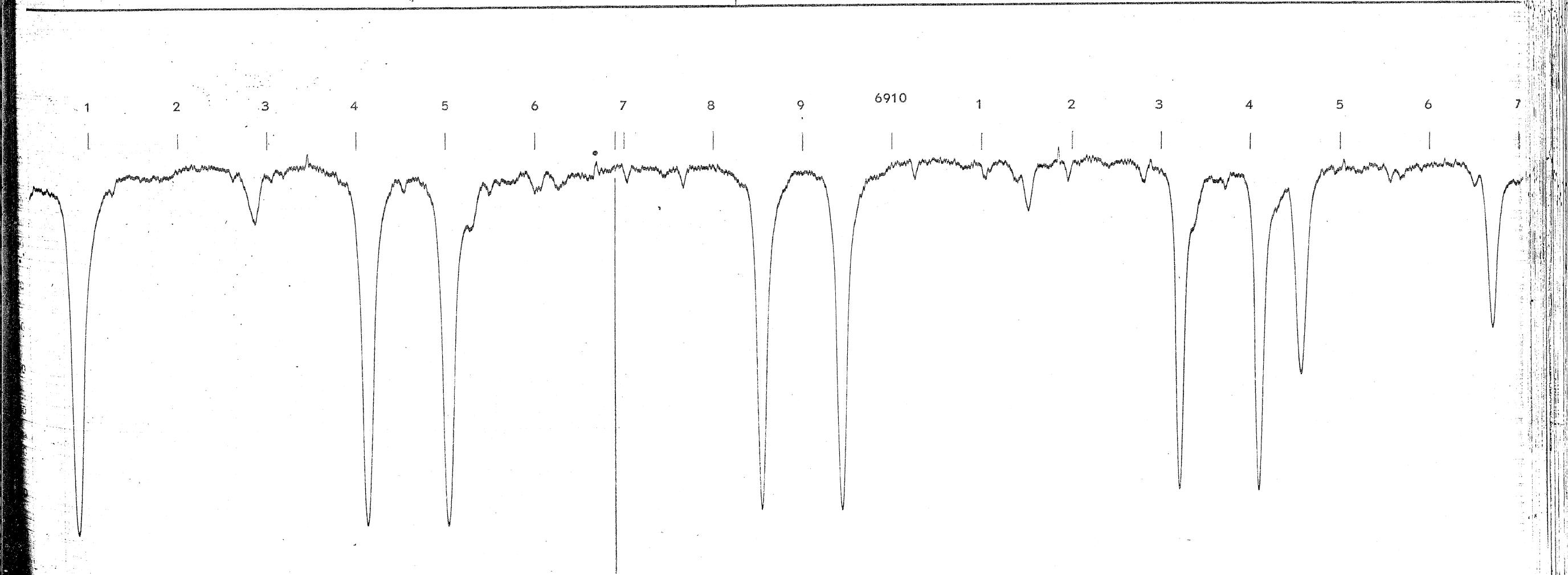
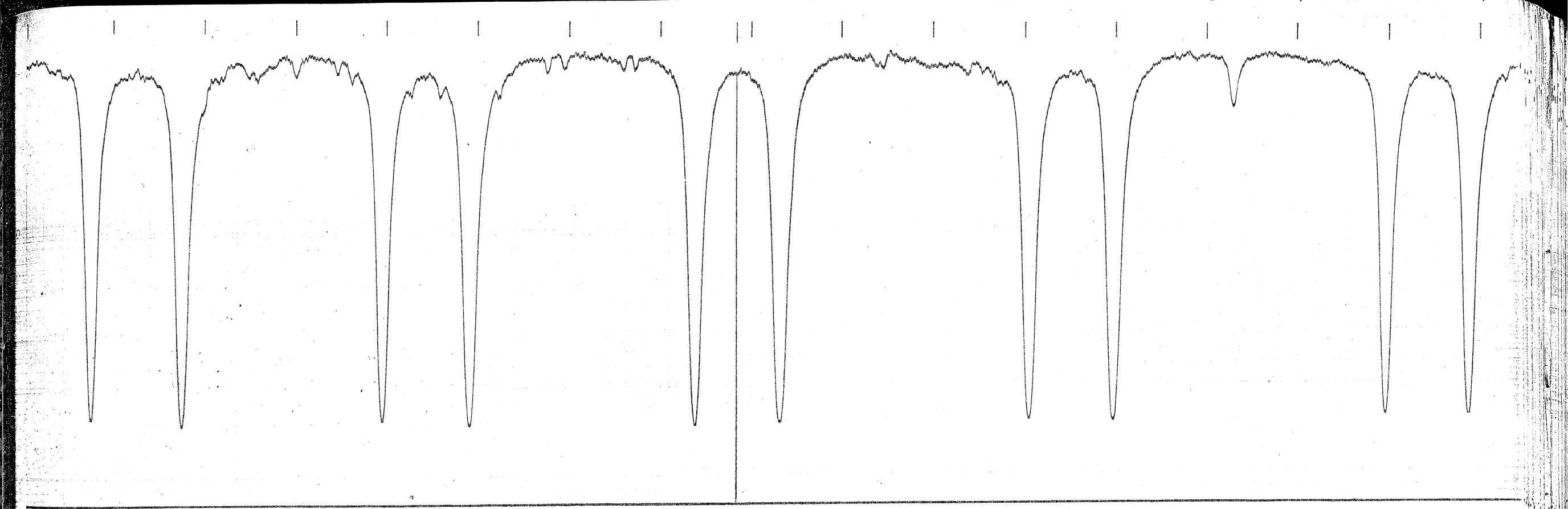


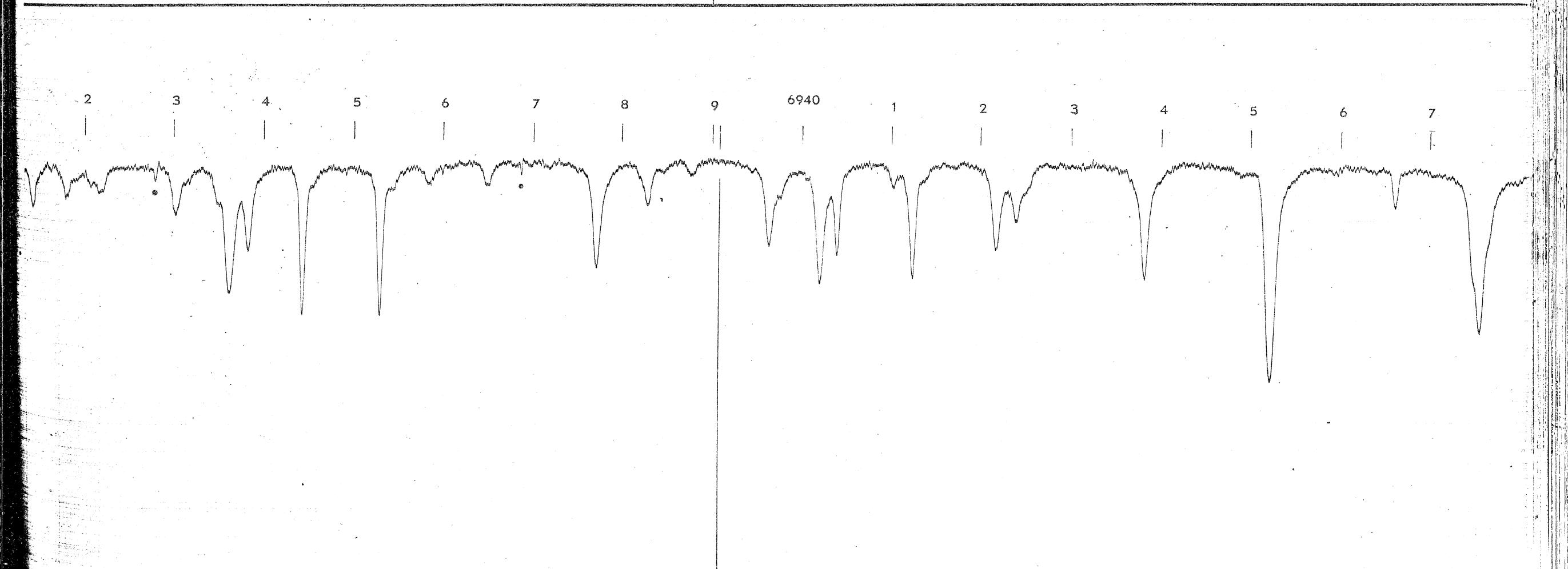
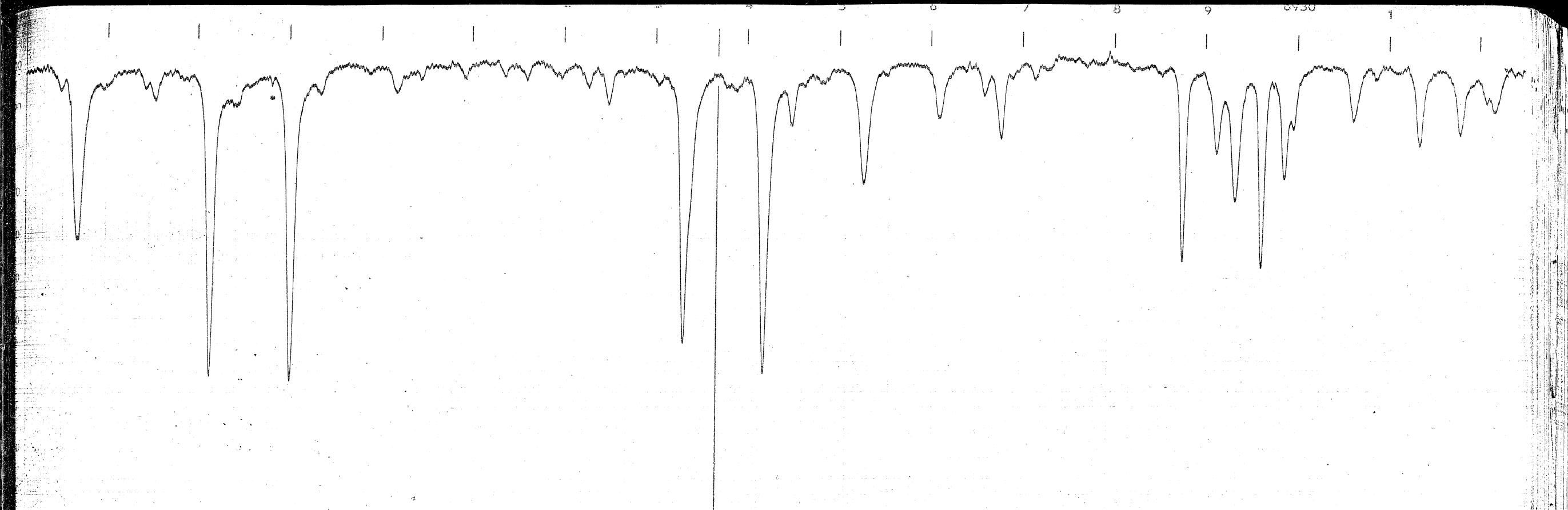


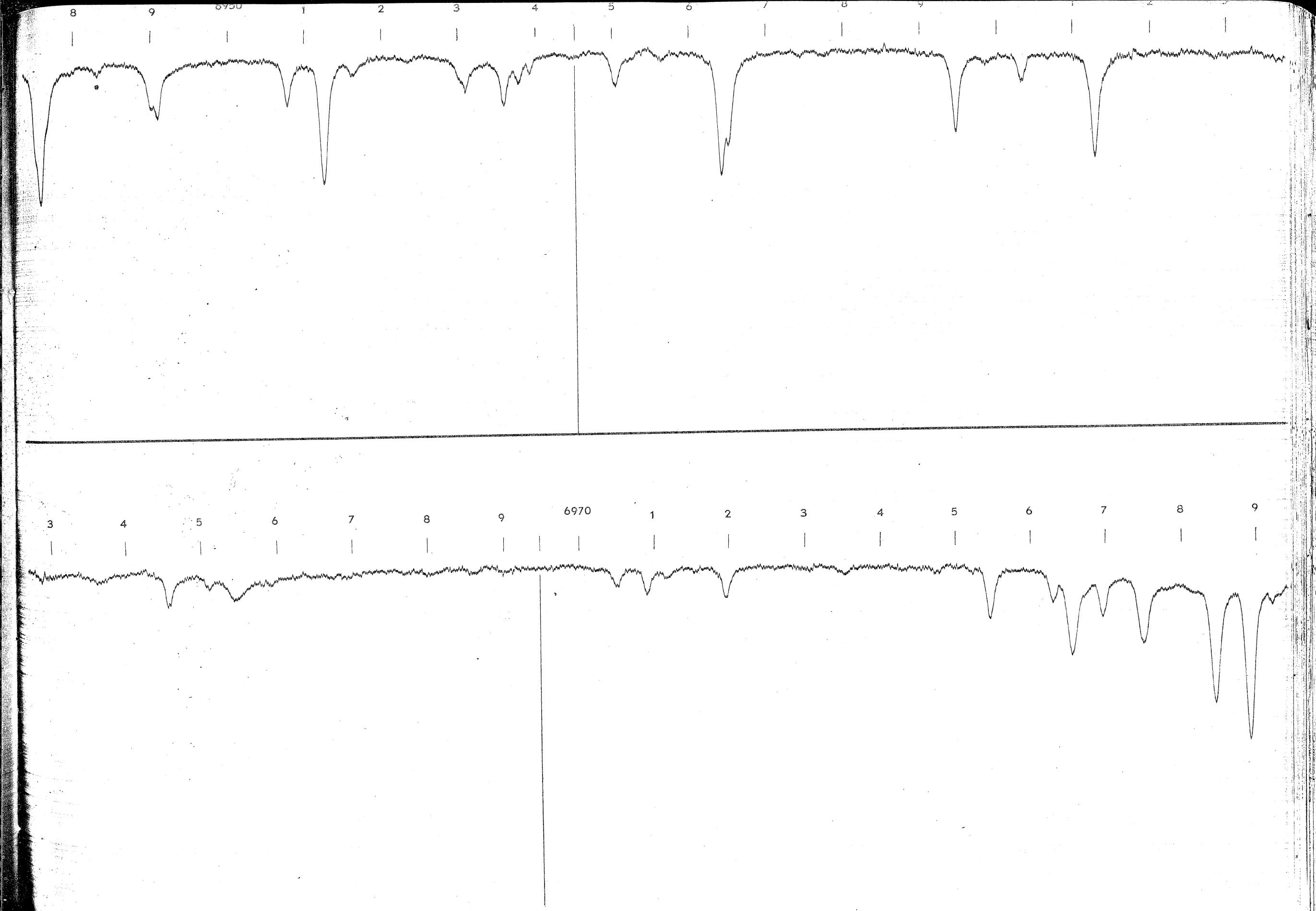


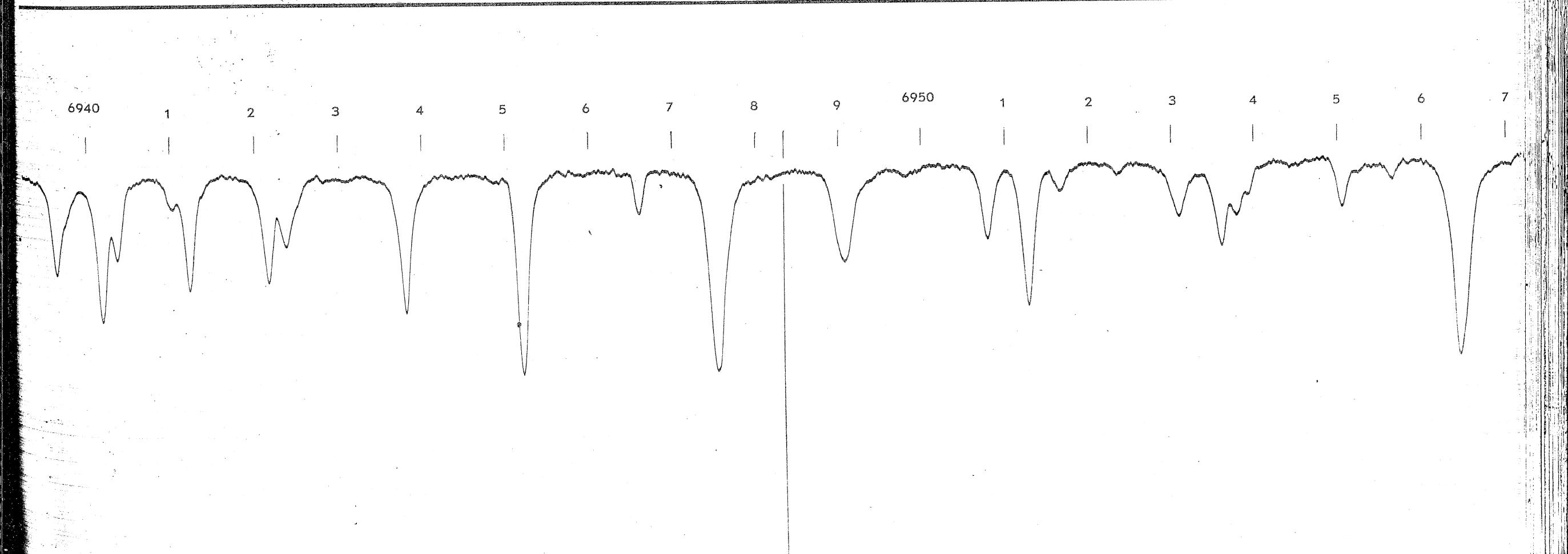
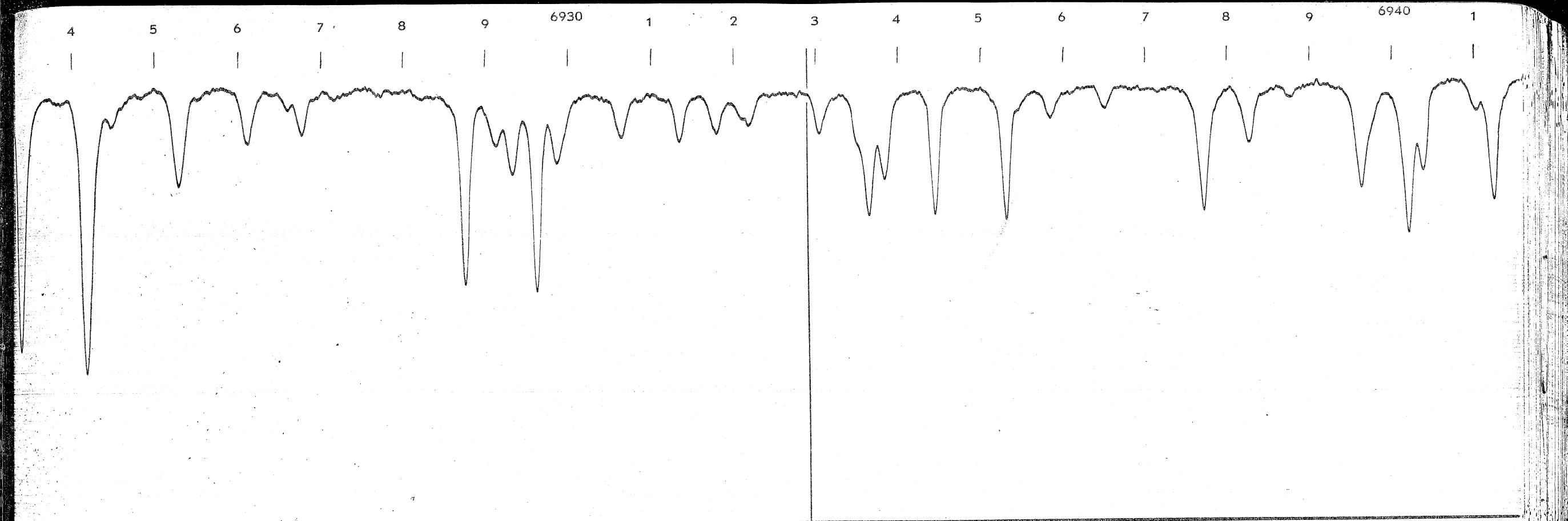


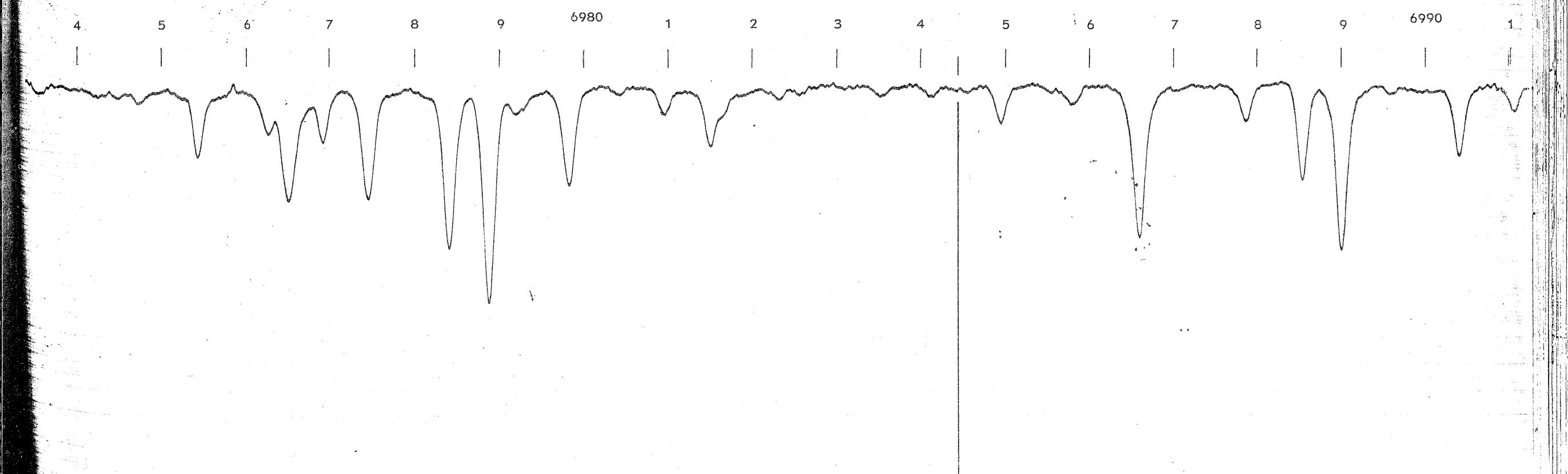
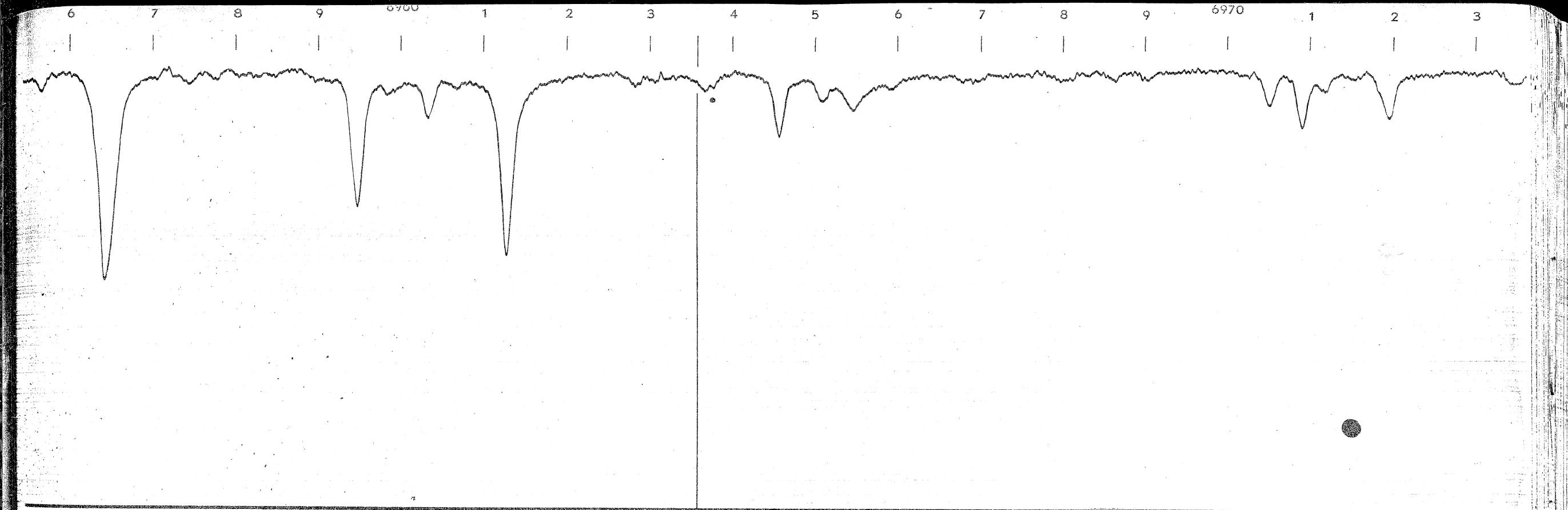


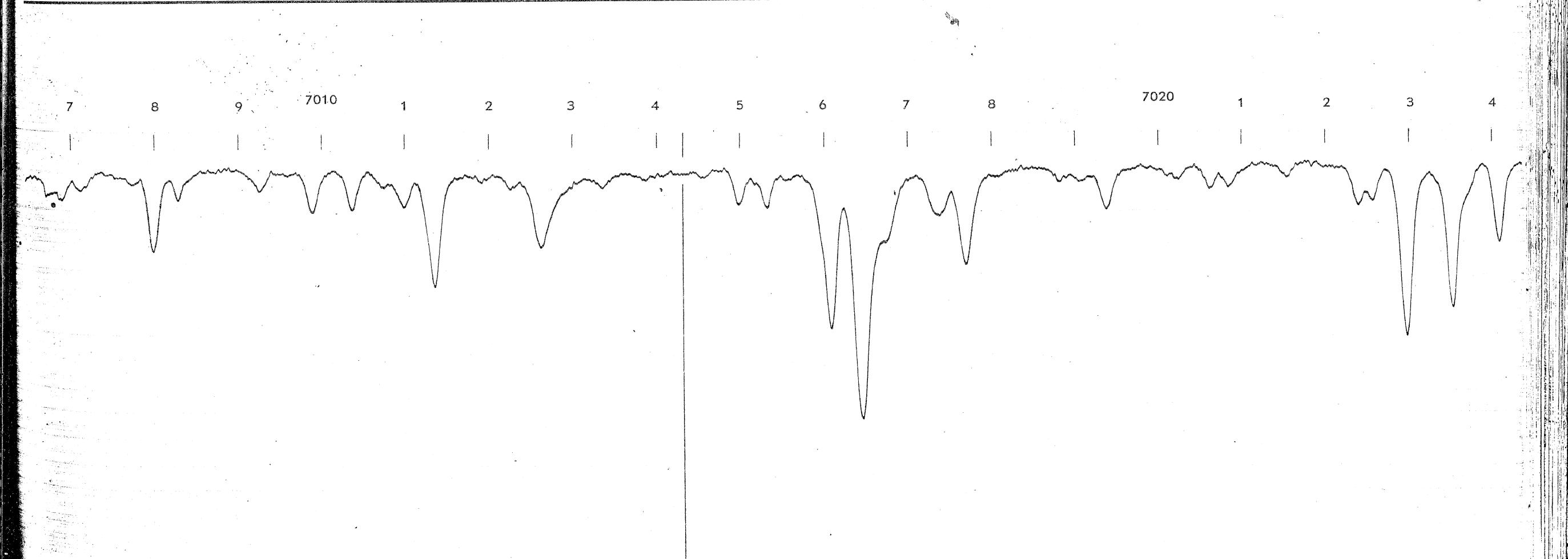
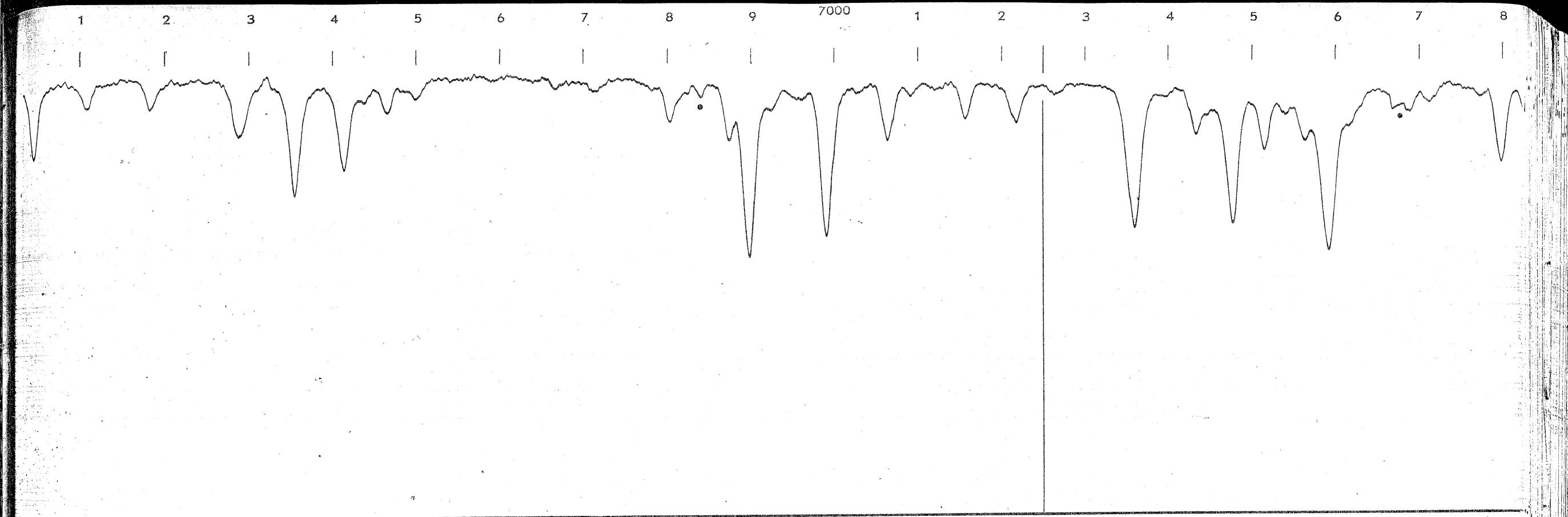


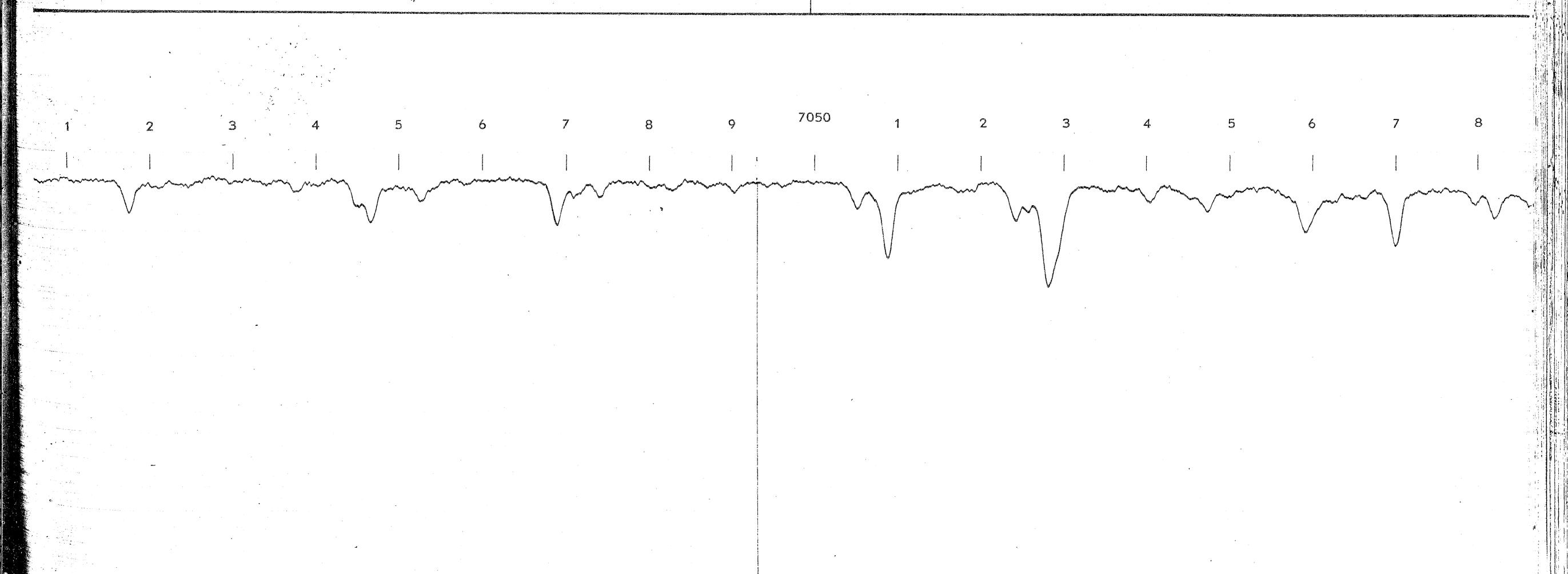
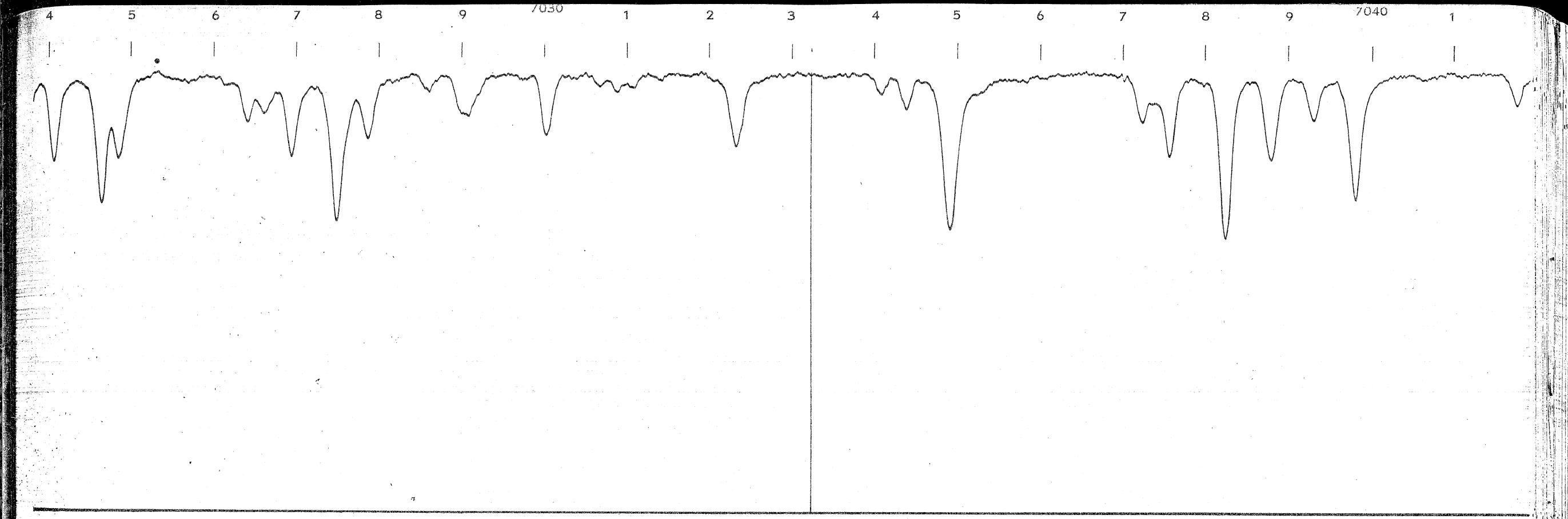


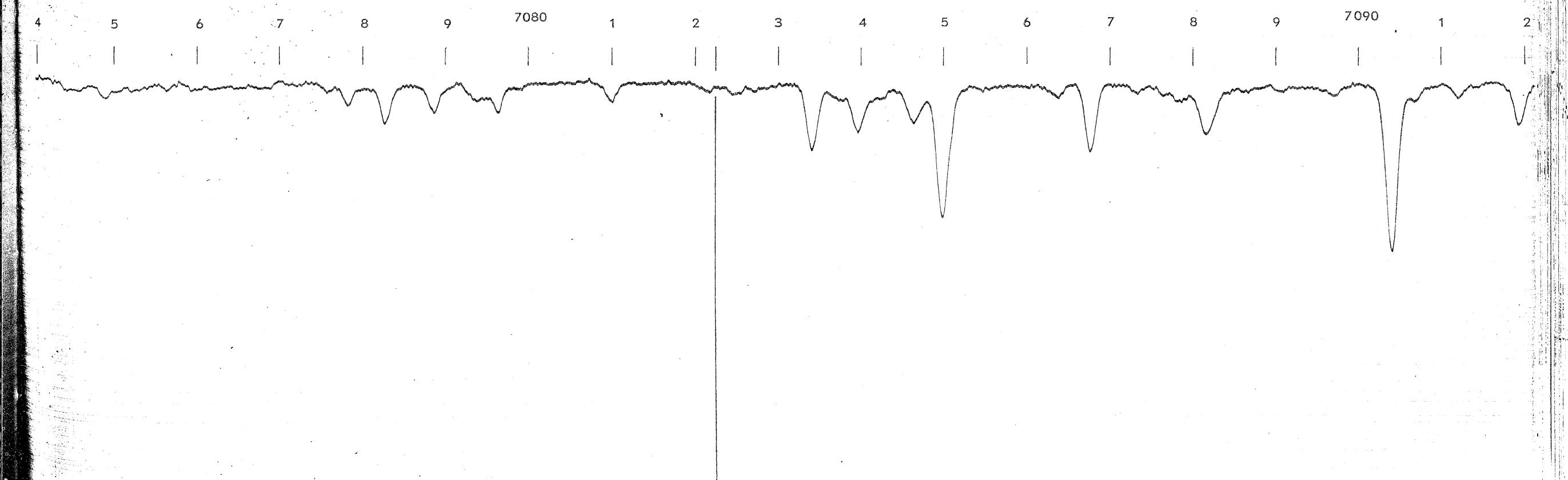
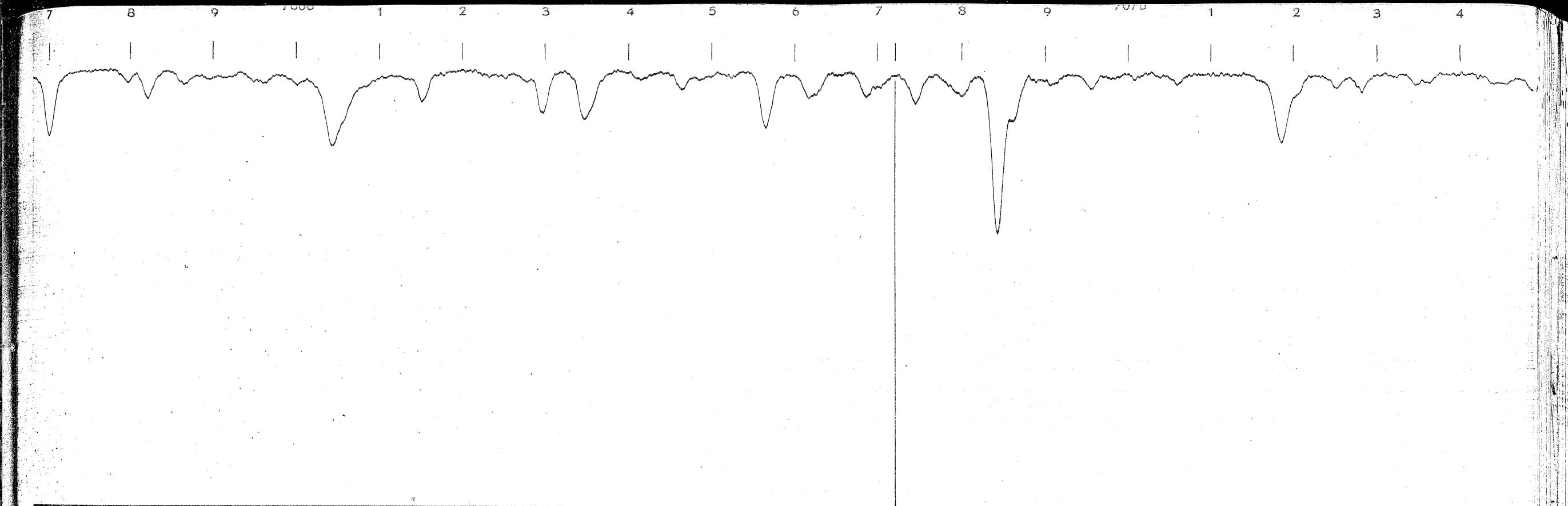


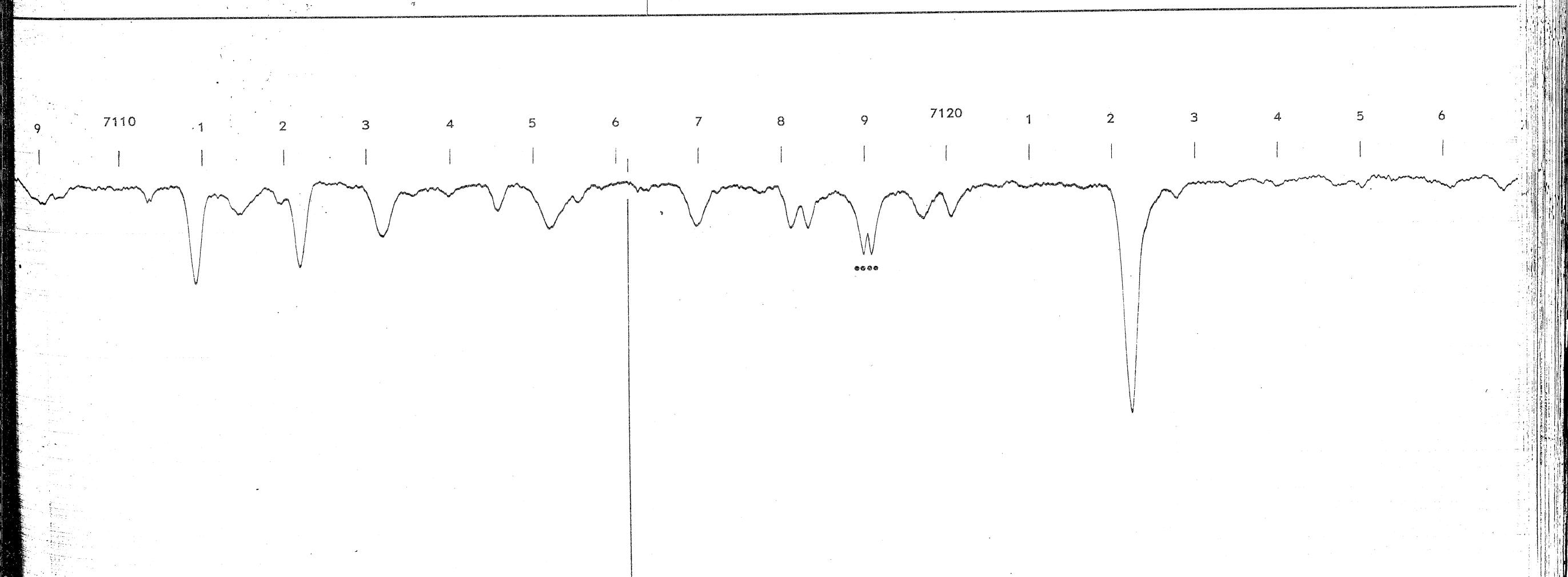
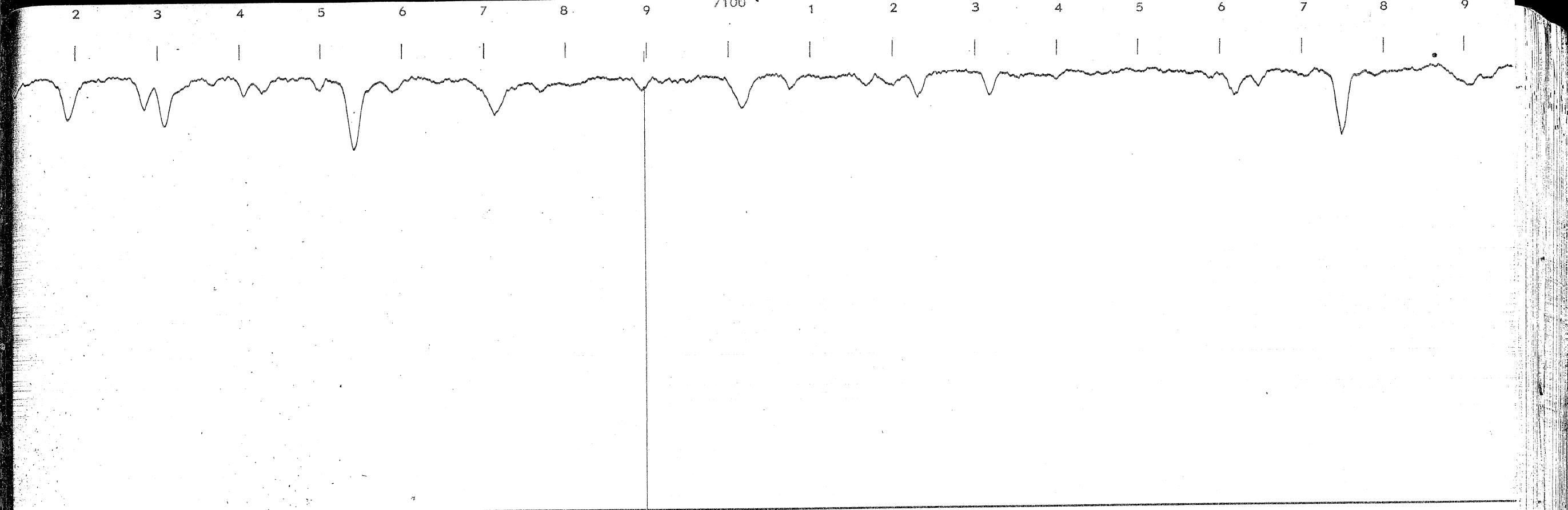


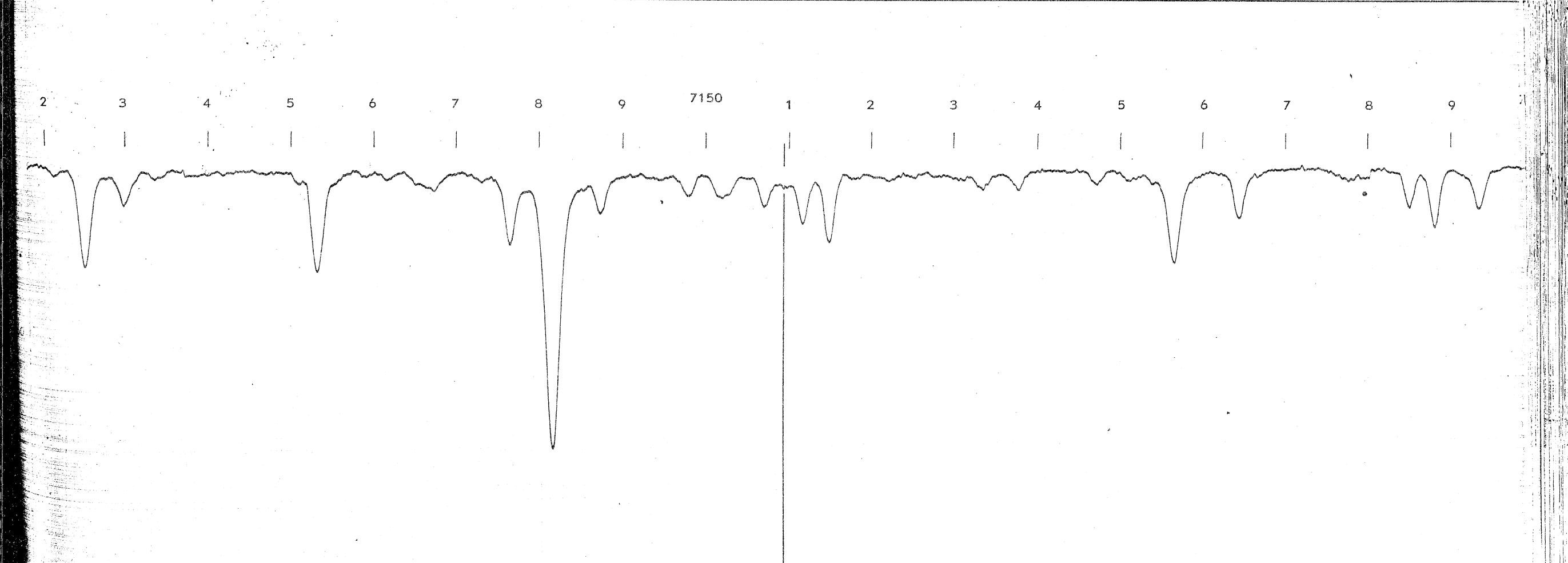
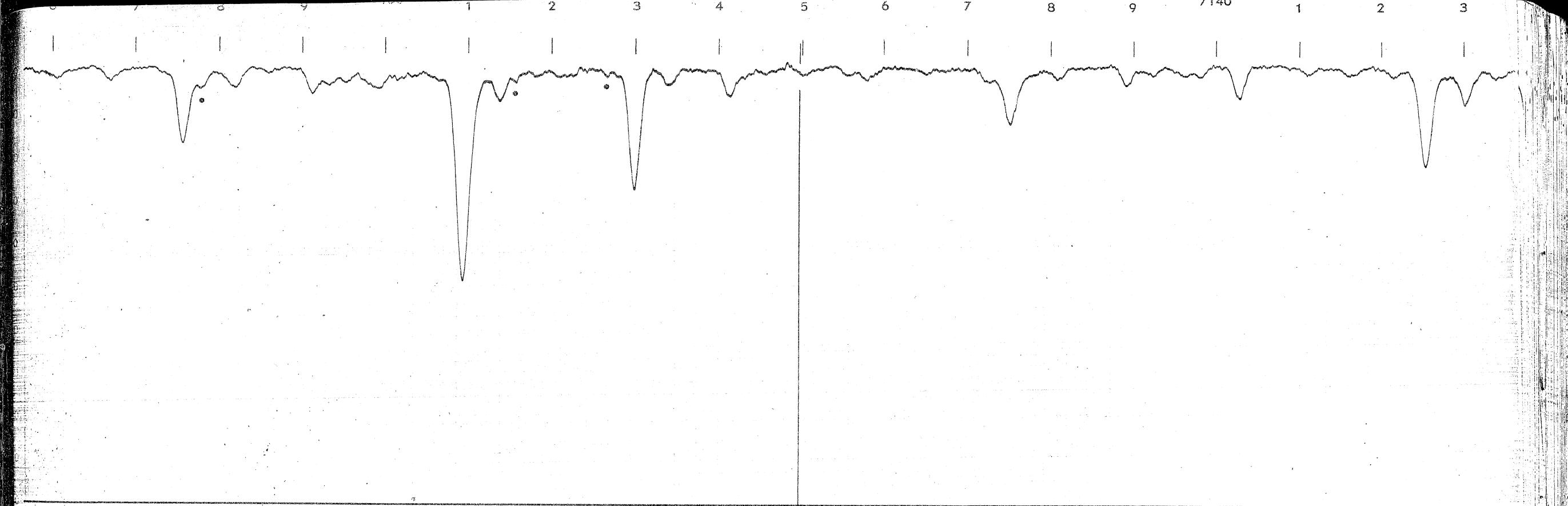


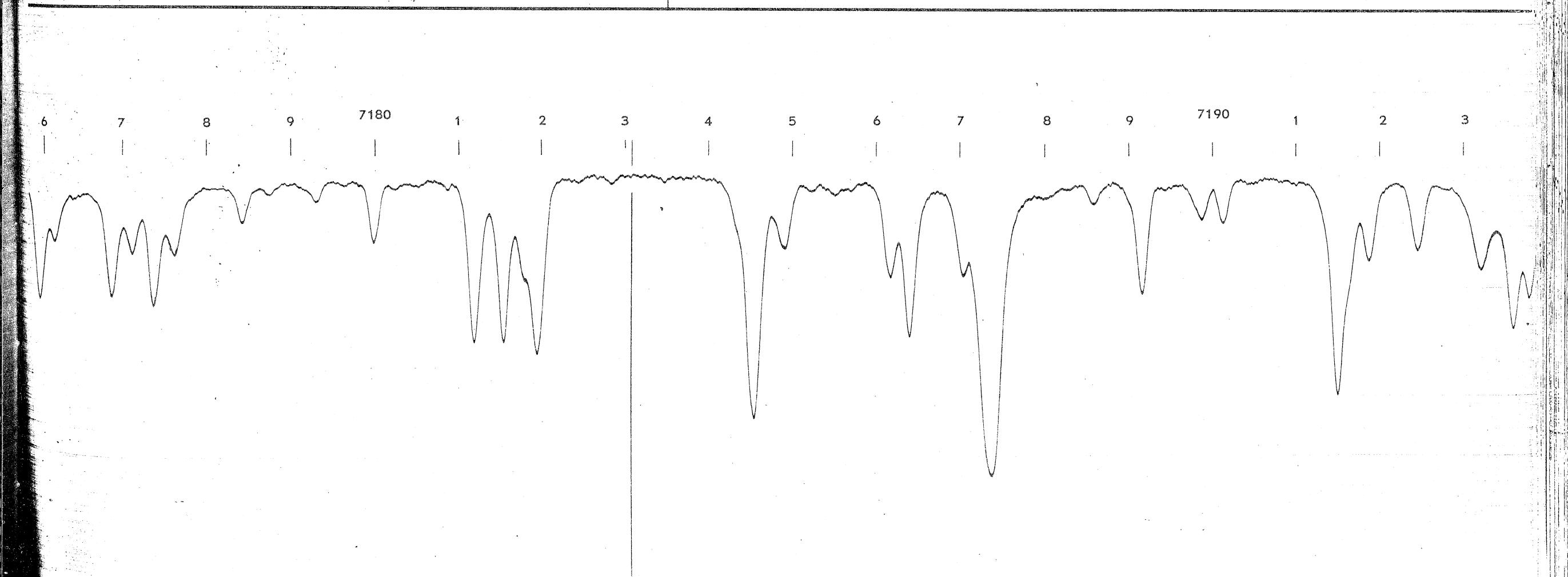
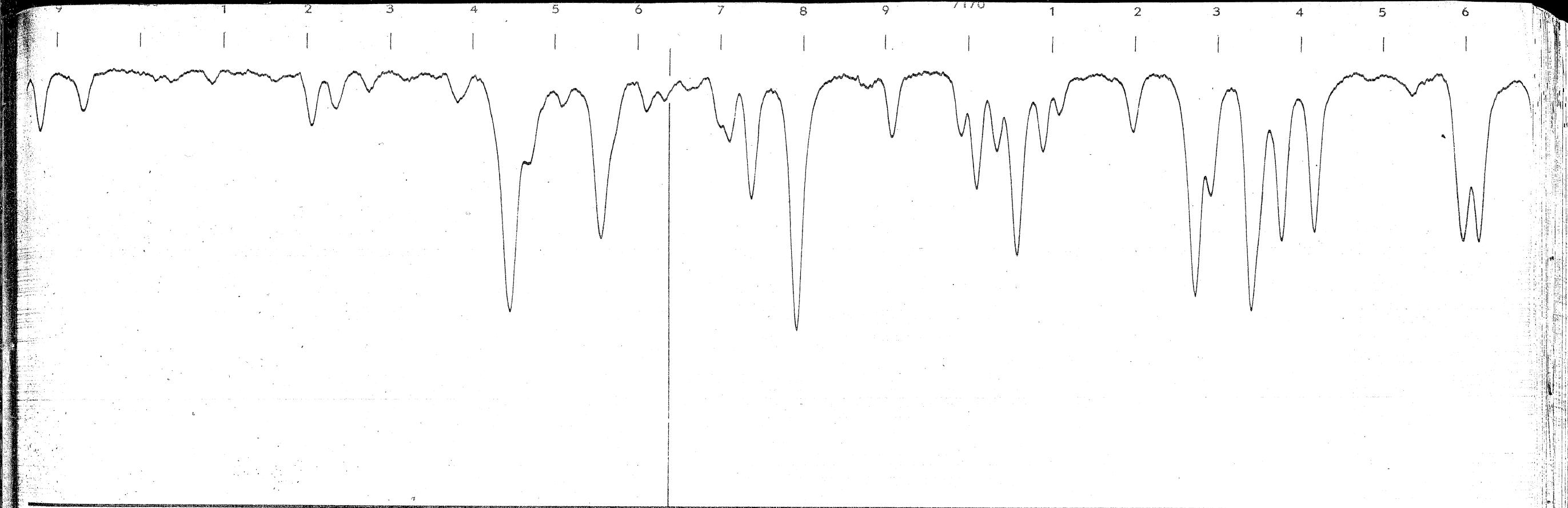


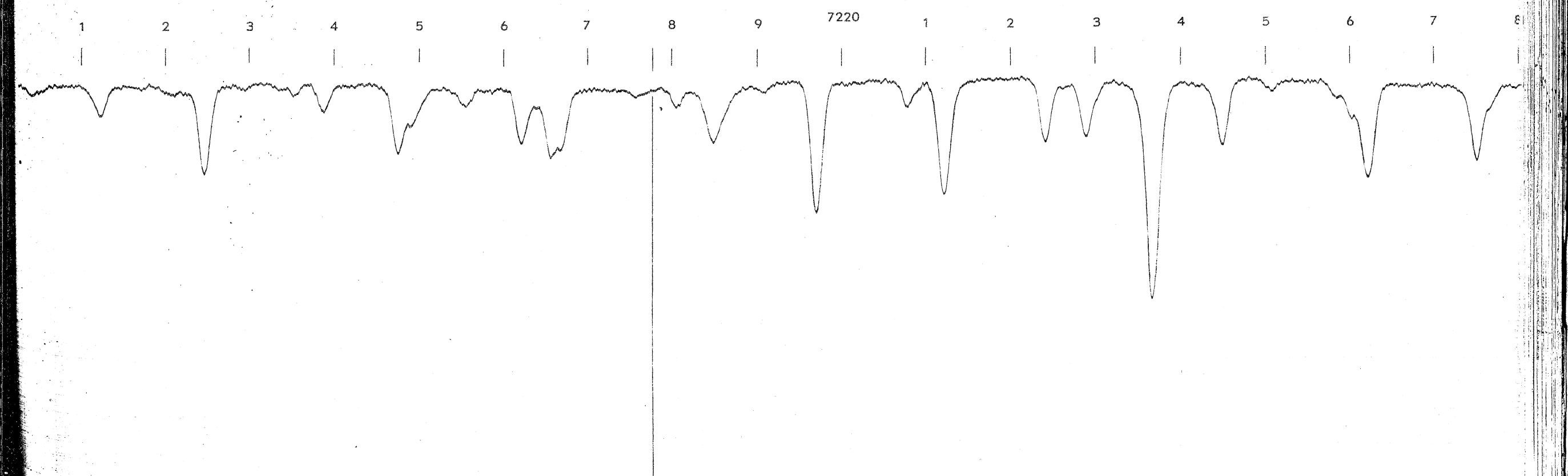
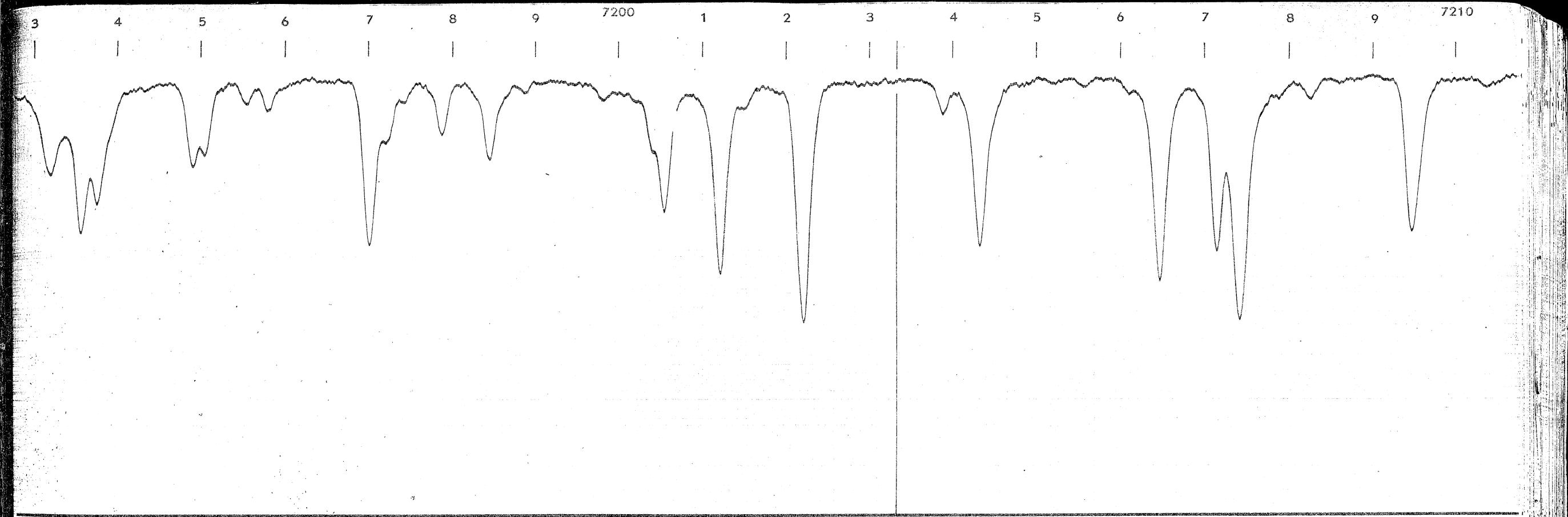


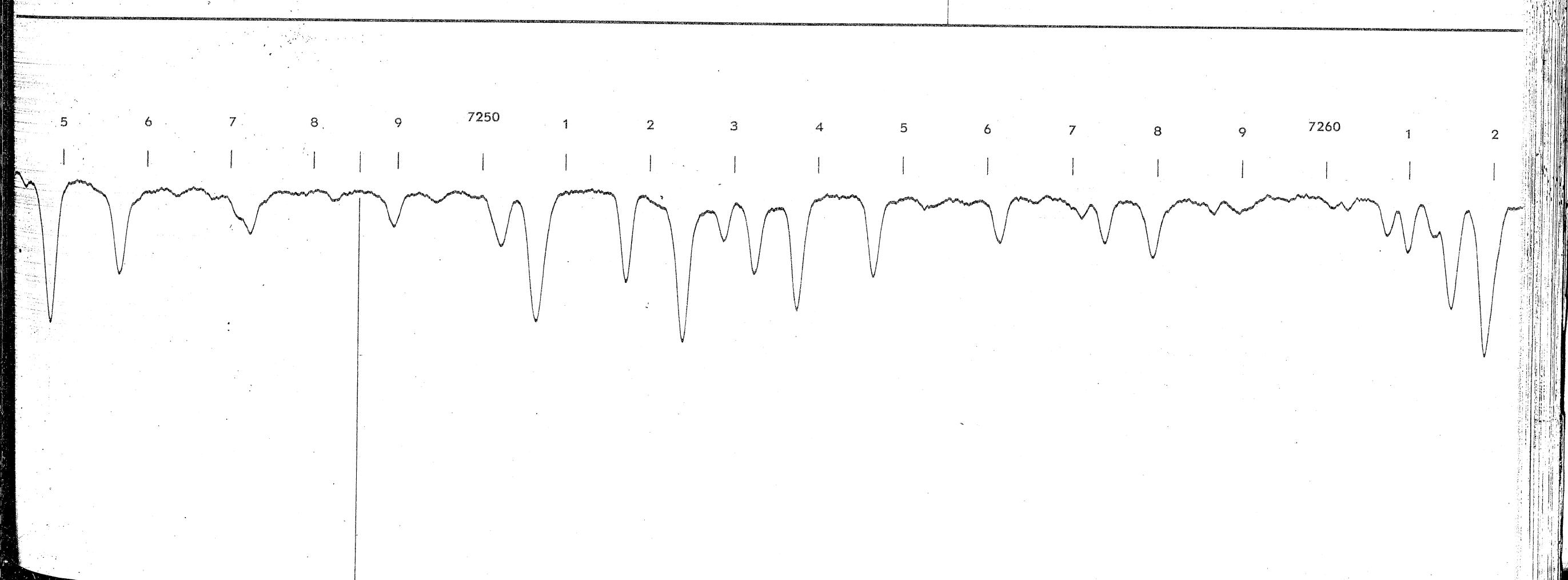
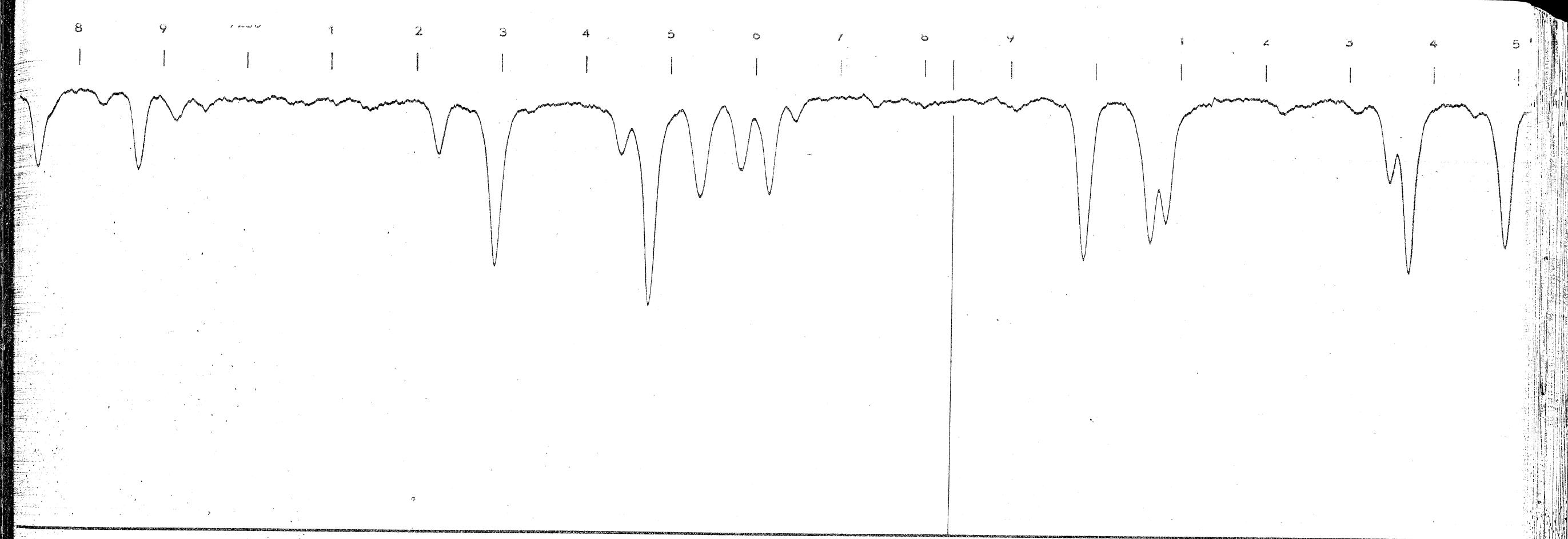


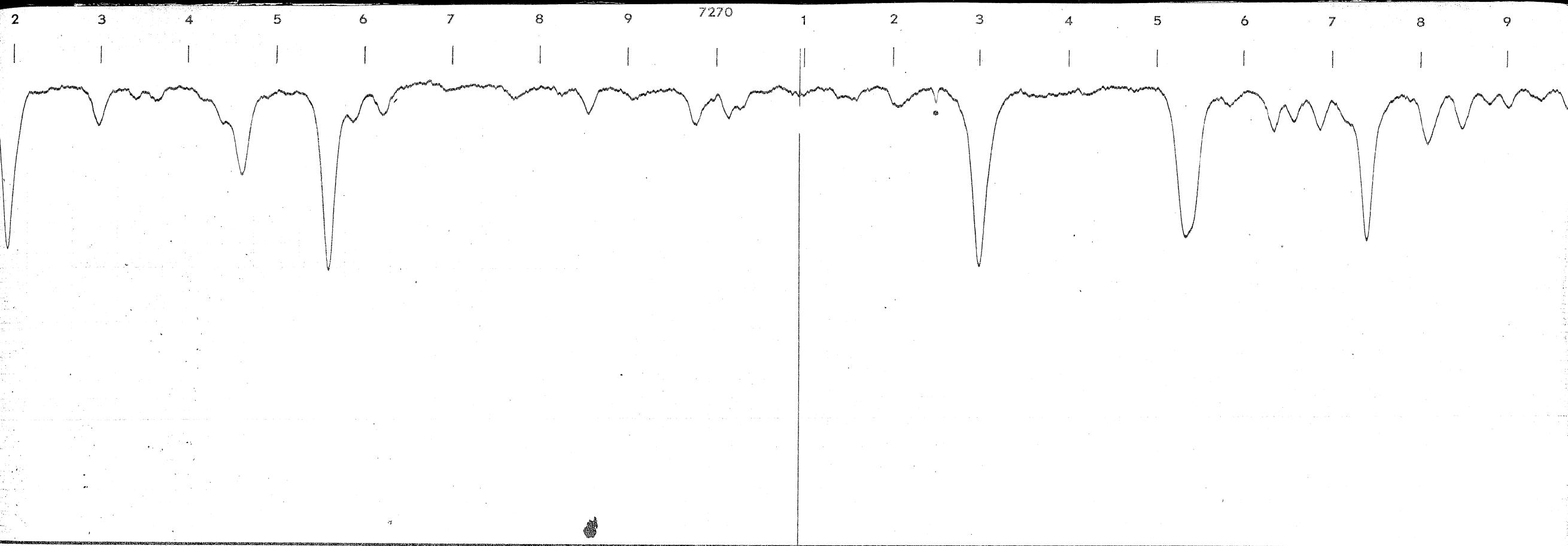




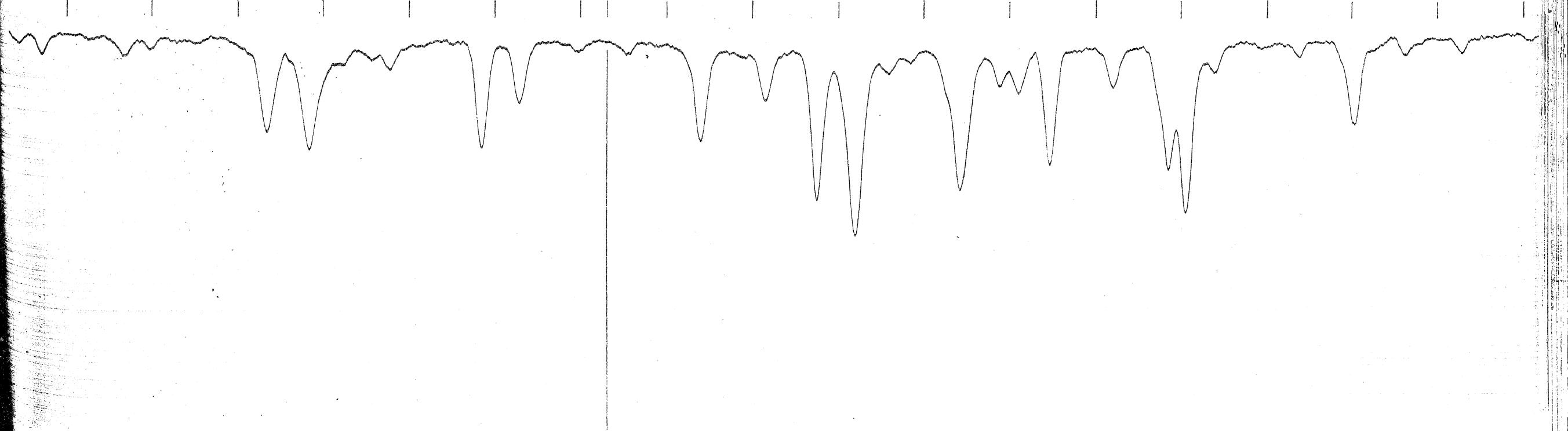


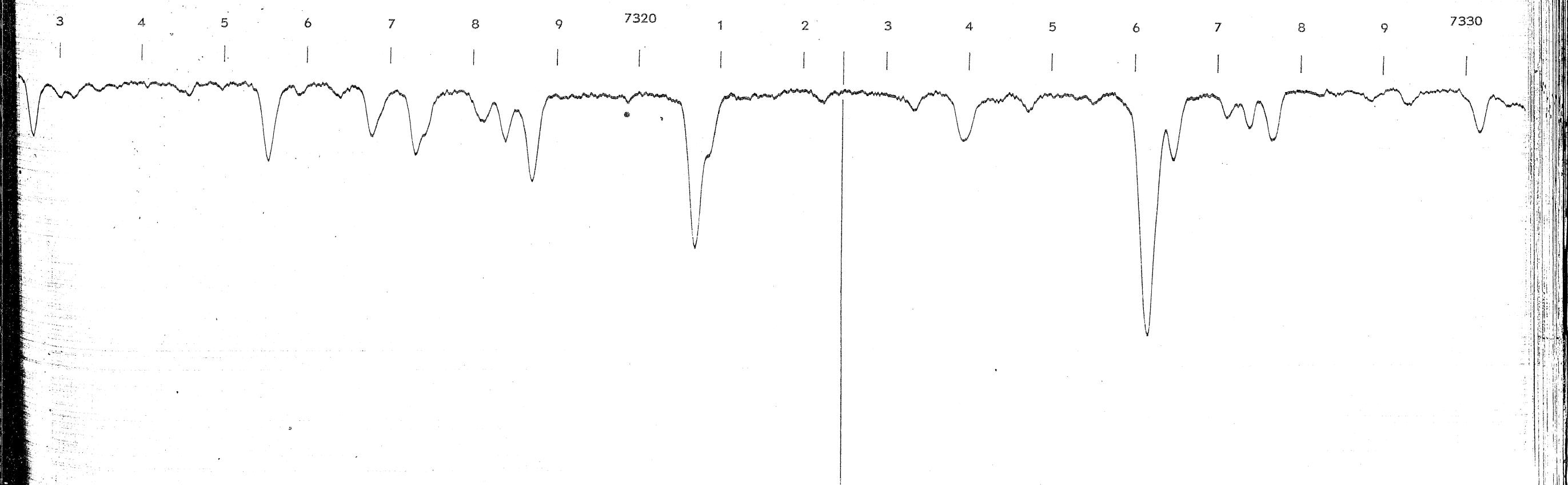
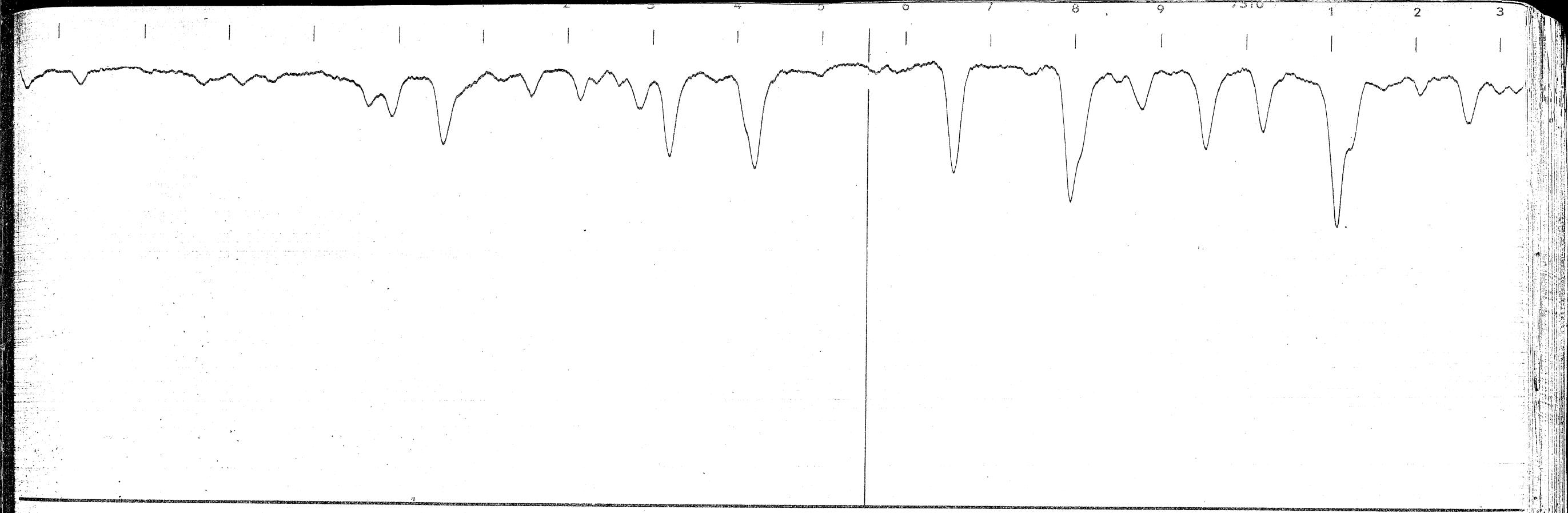


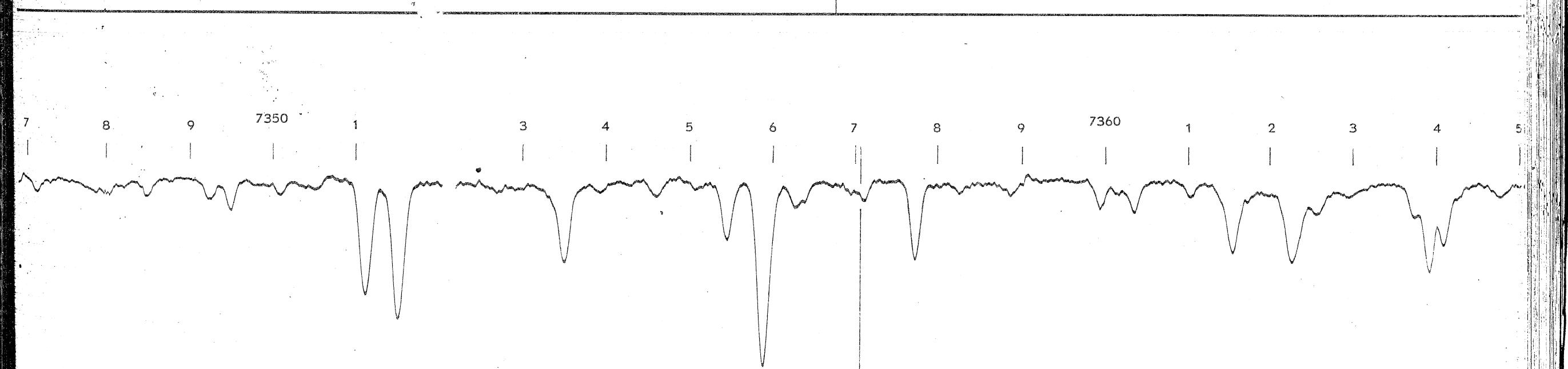
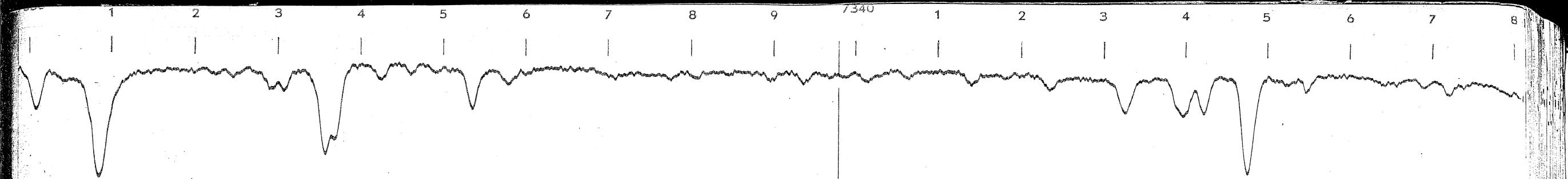


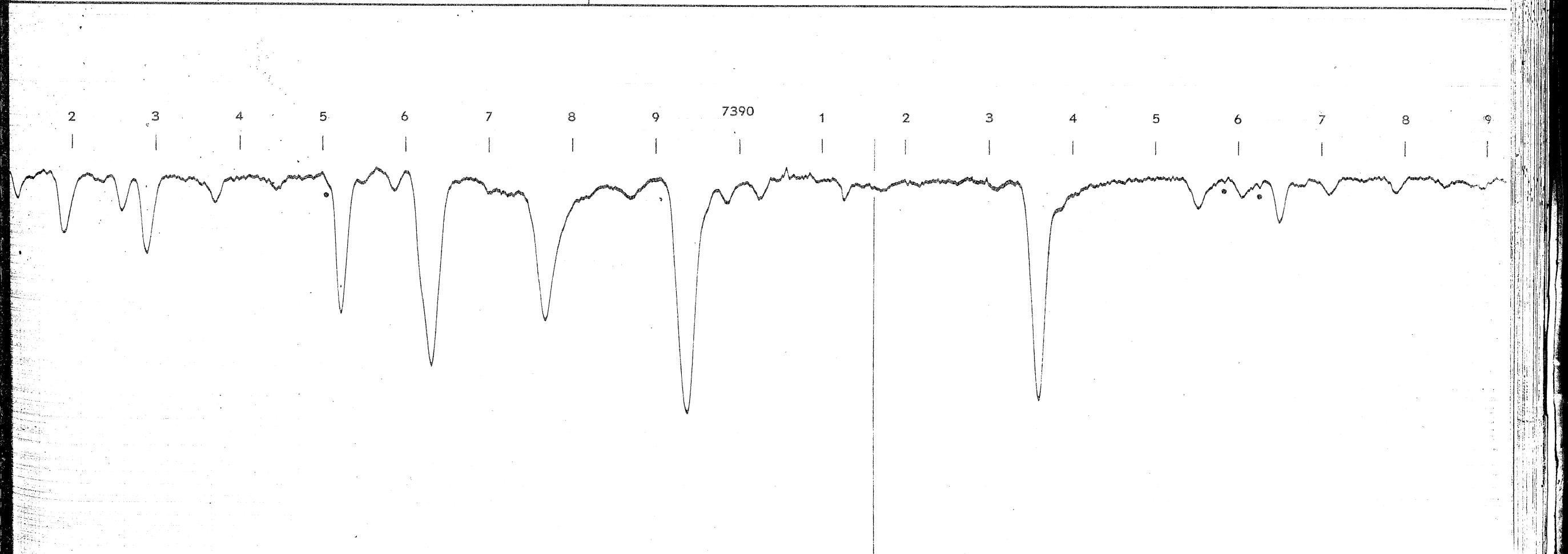
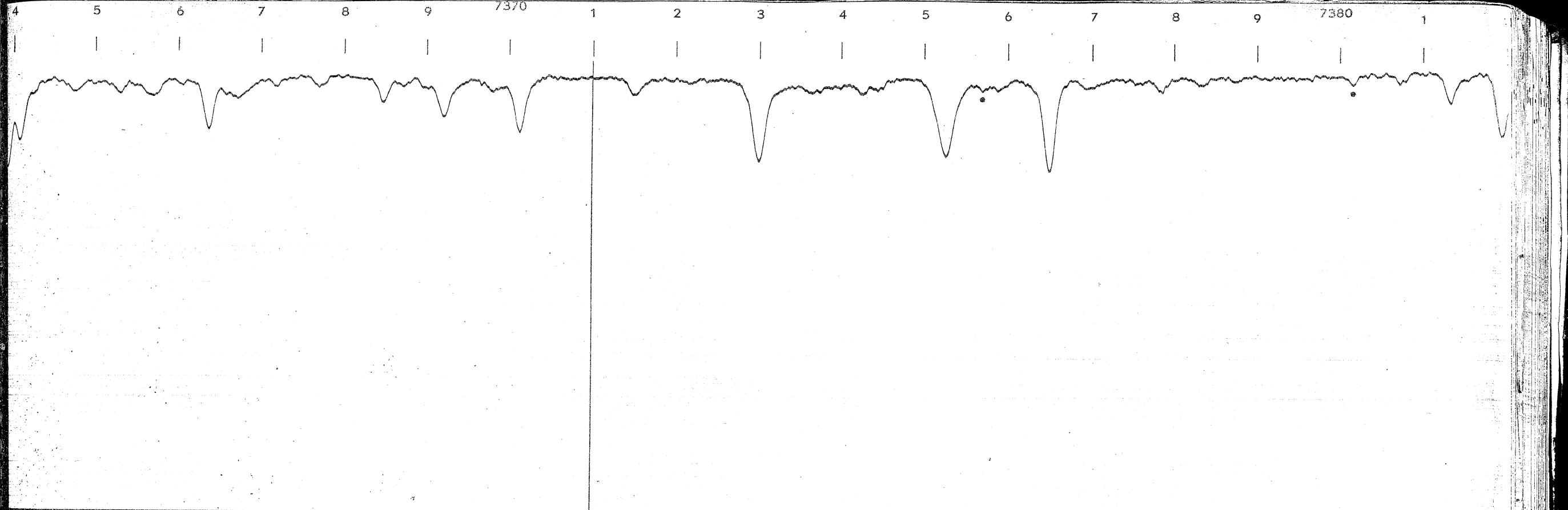


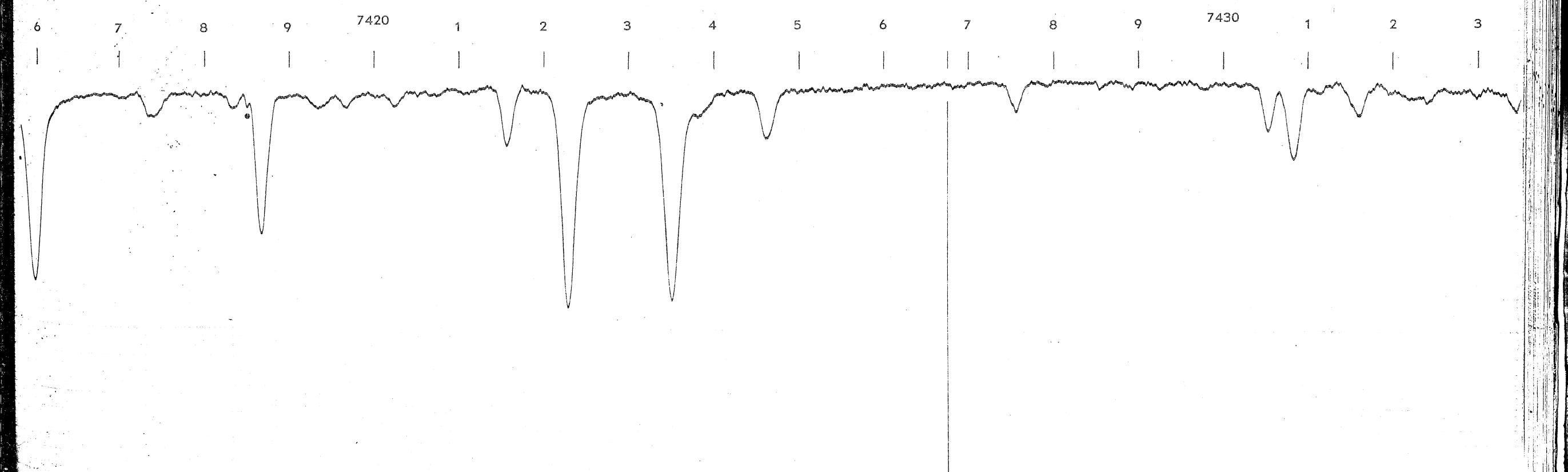
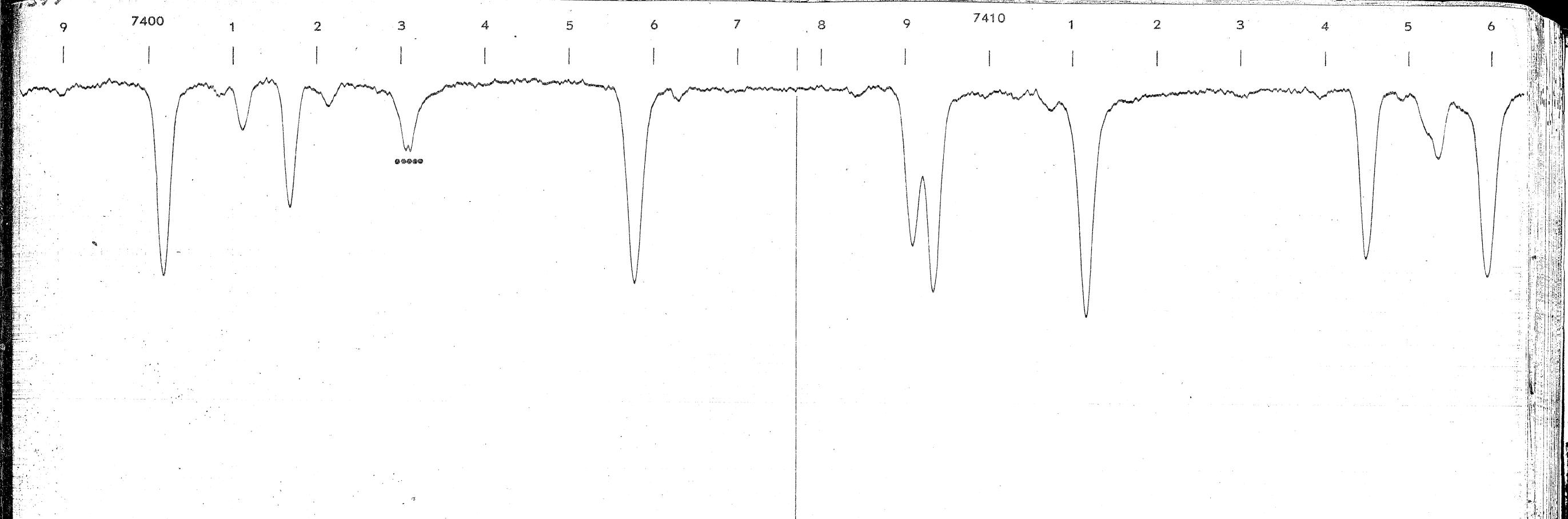
7280 1 2 3 4 5 6 7 7290 1 2 3 4 5 6 7

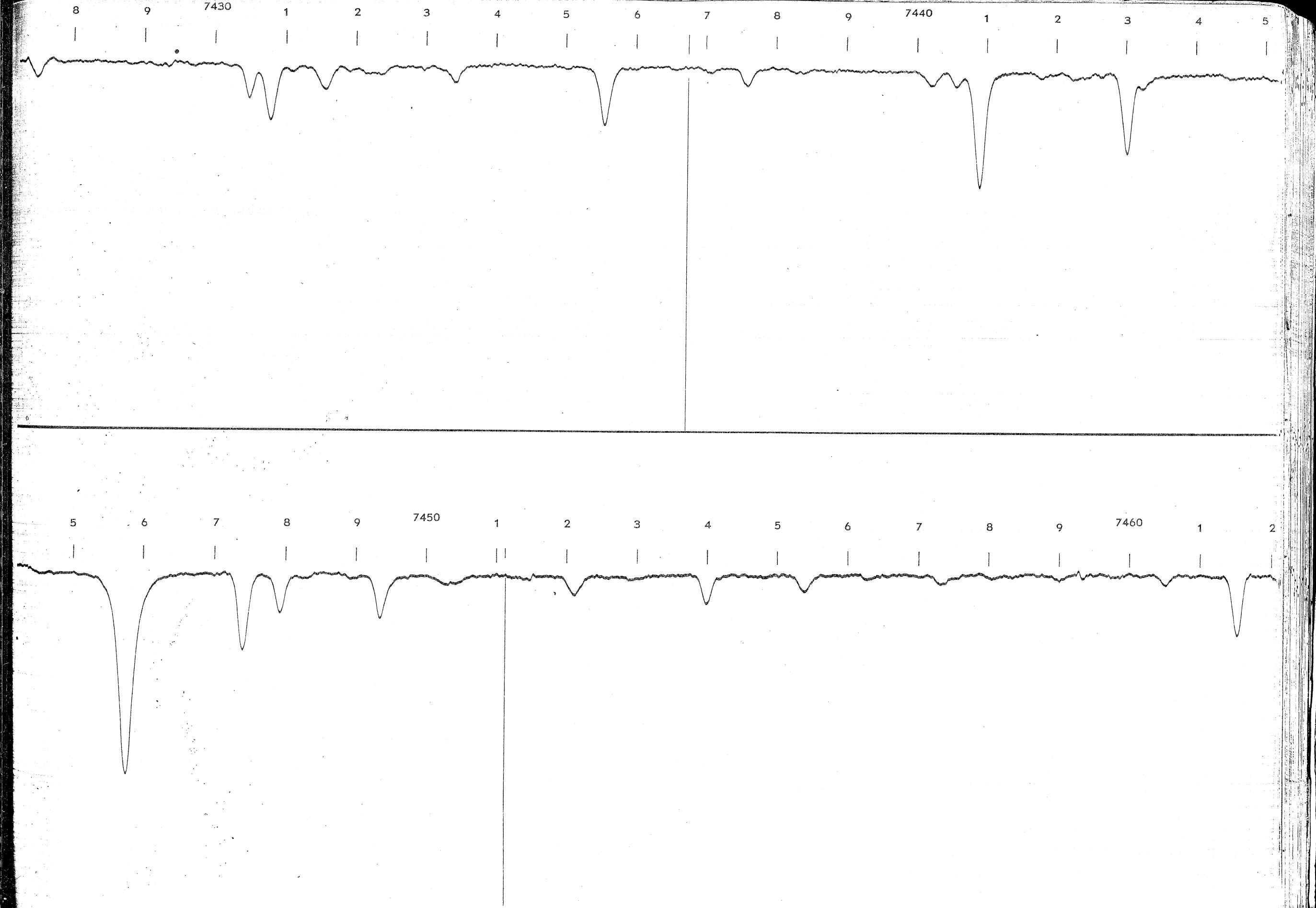


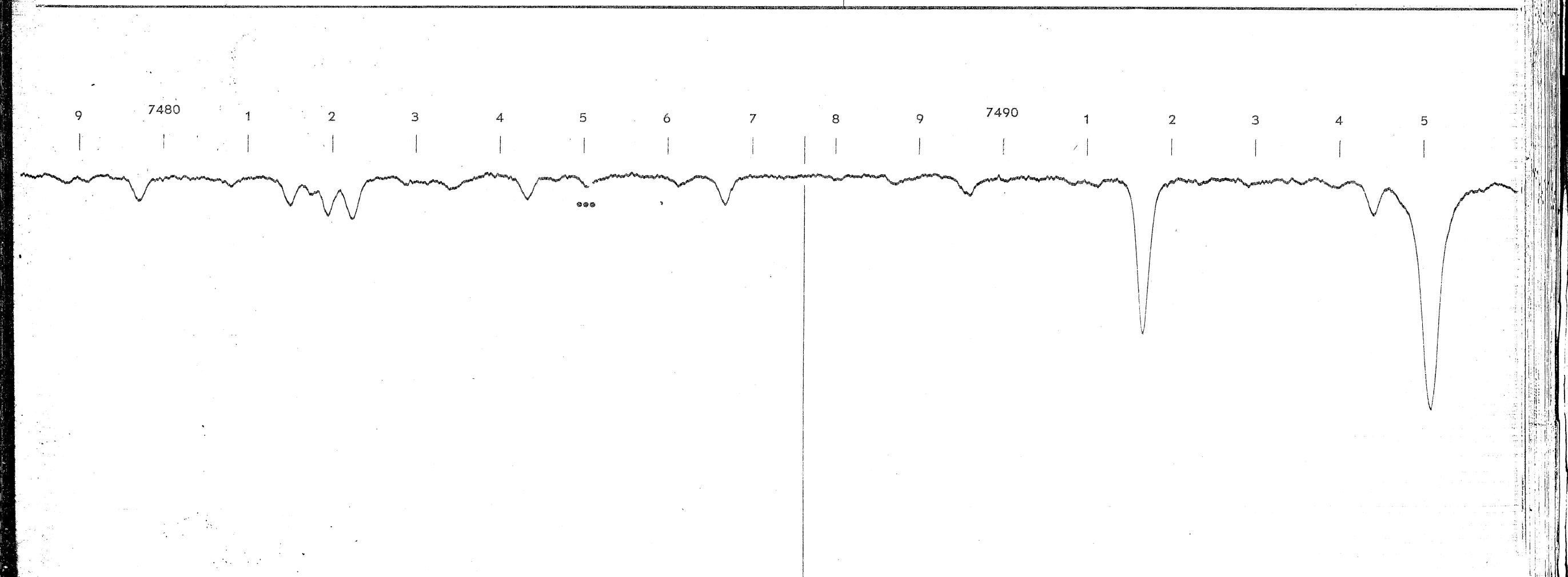
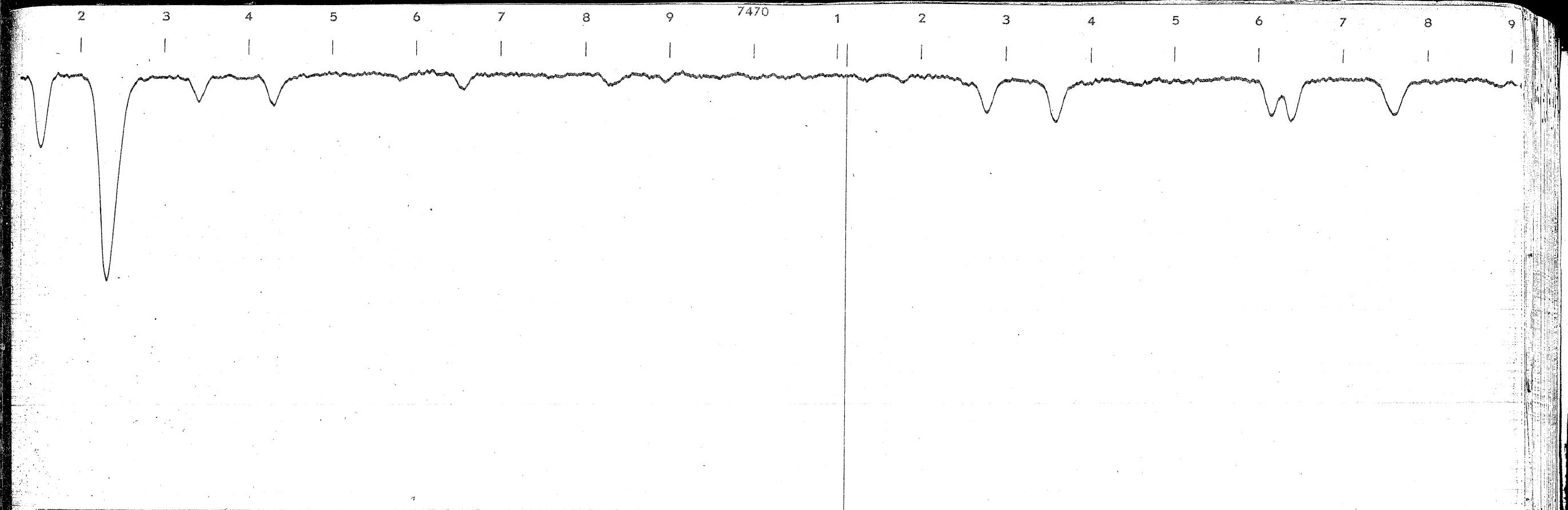


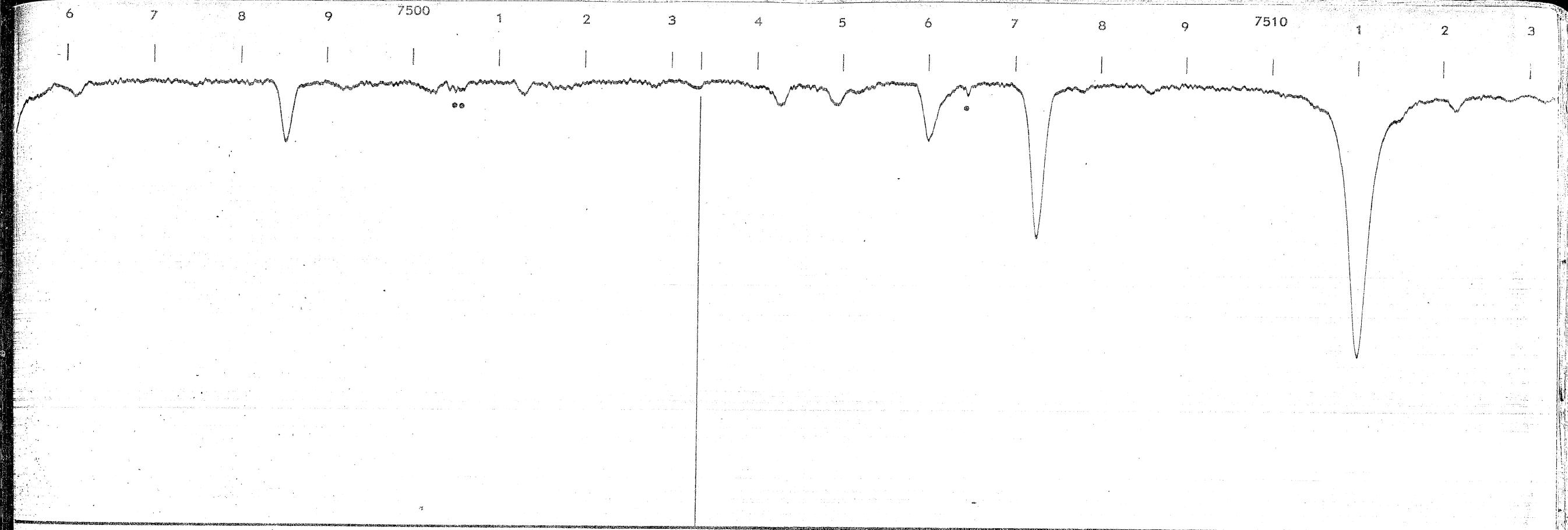


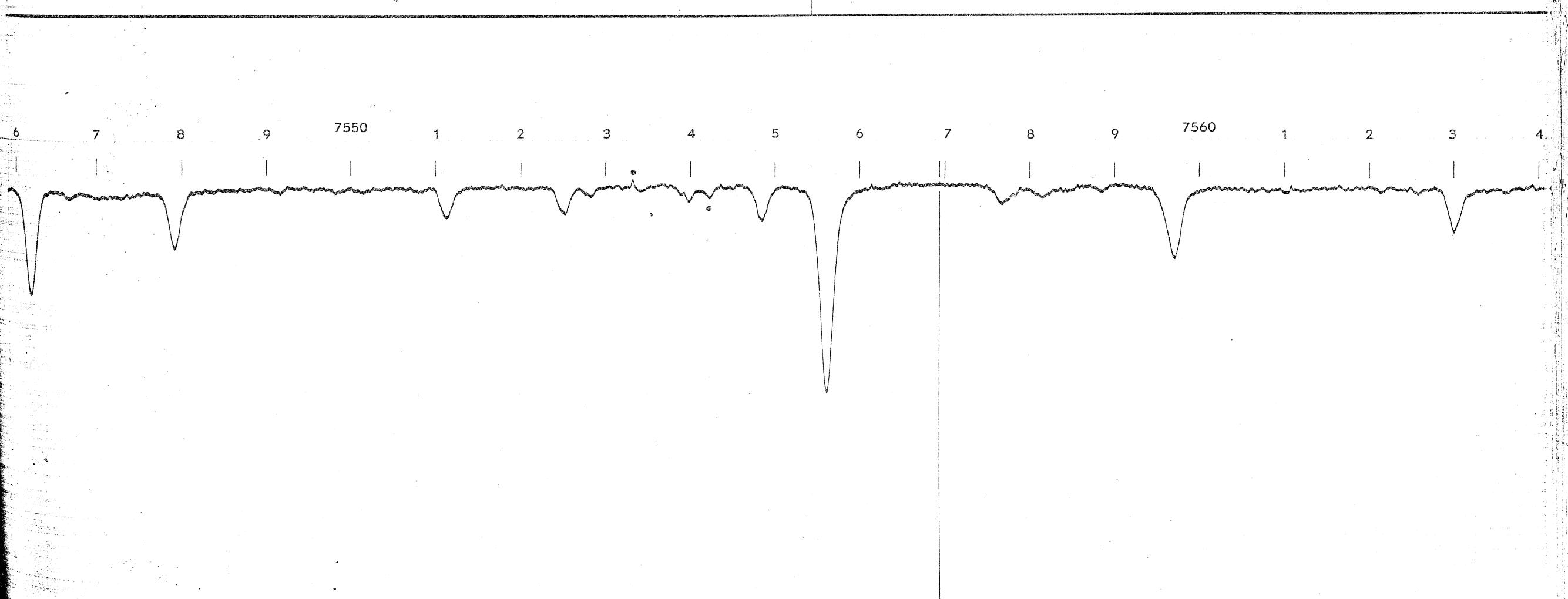
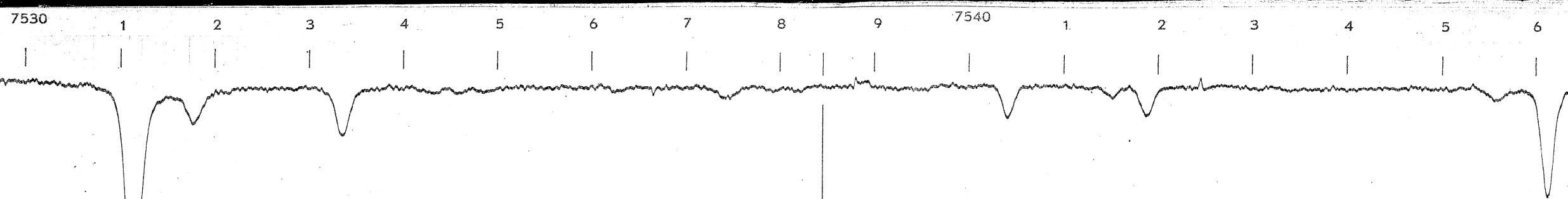


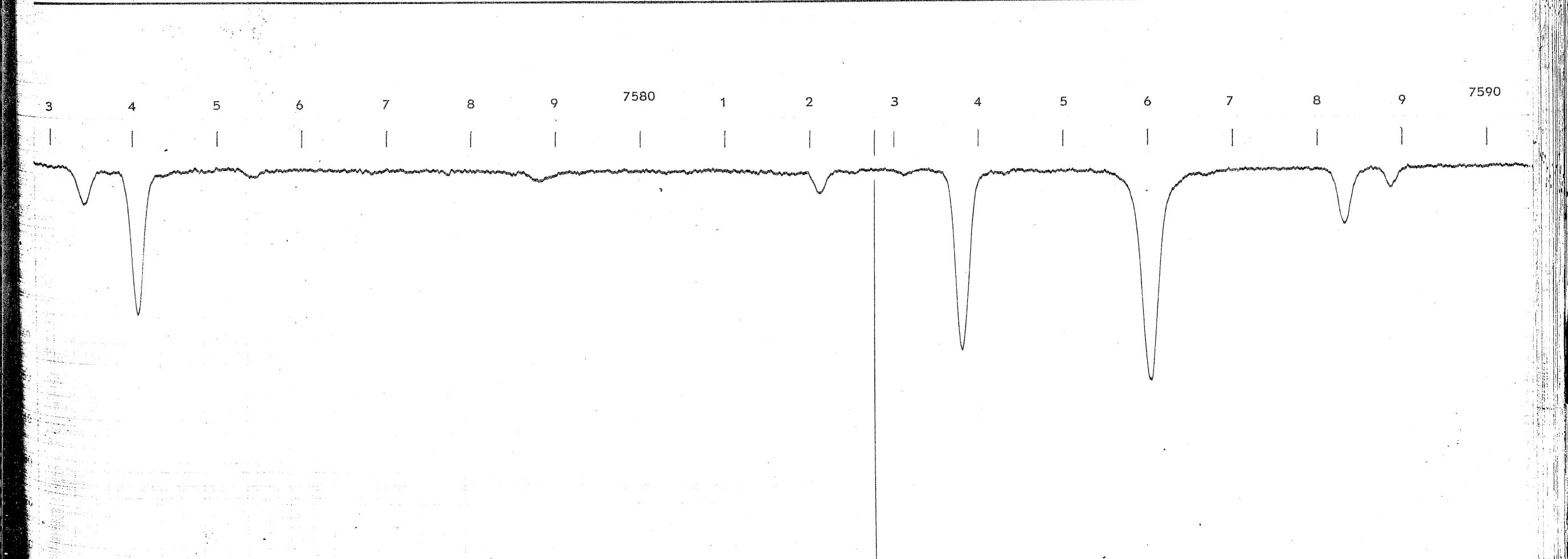
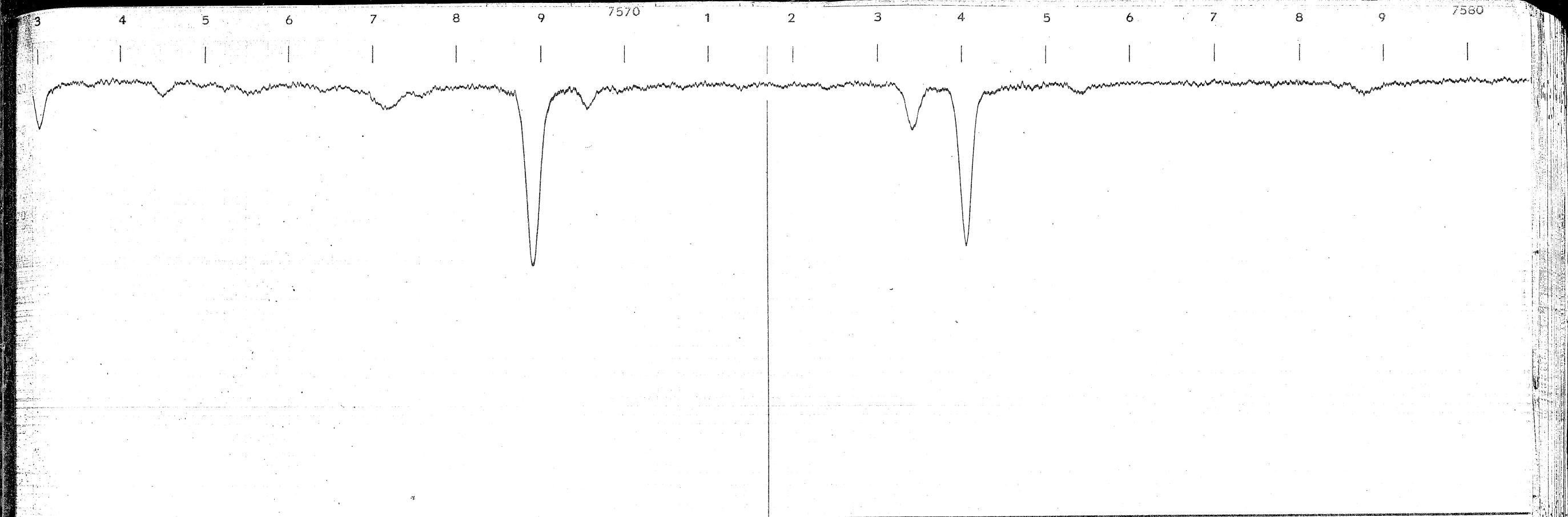


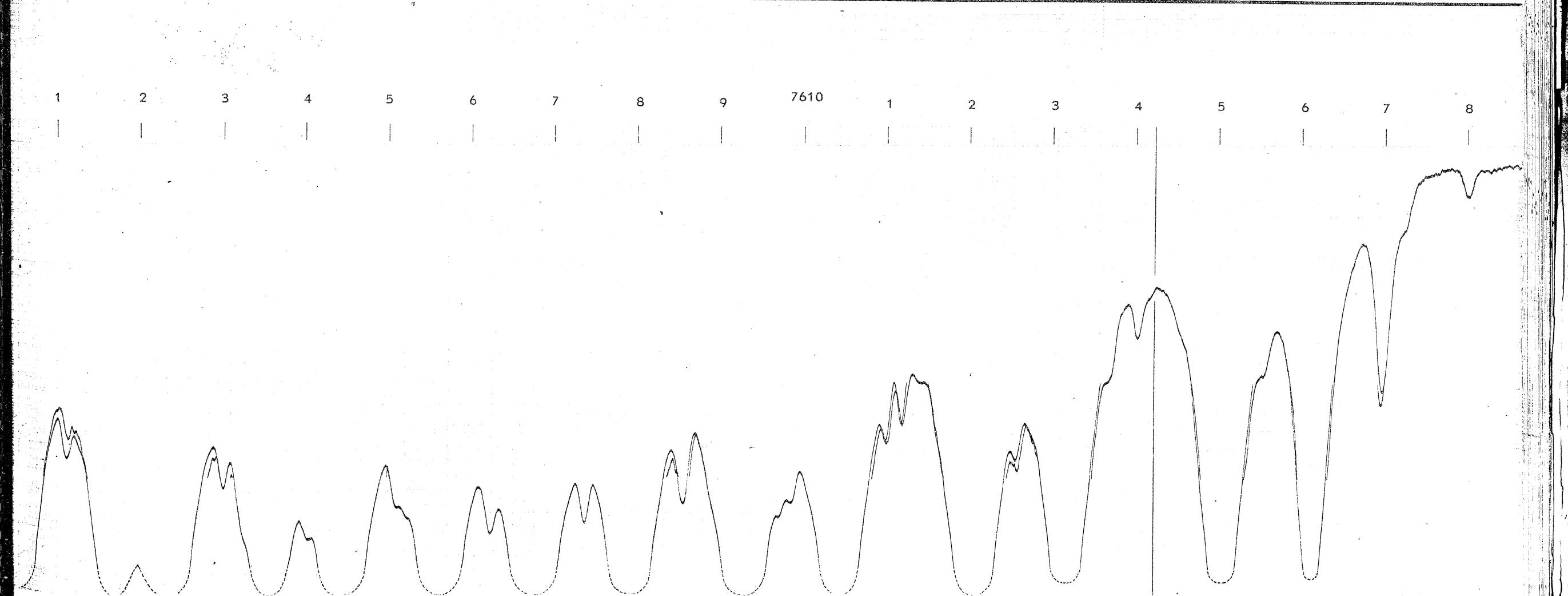
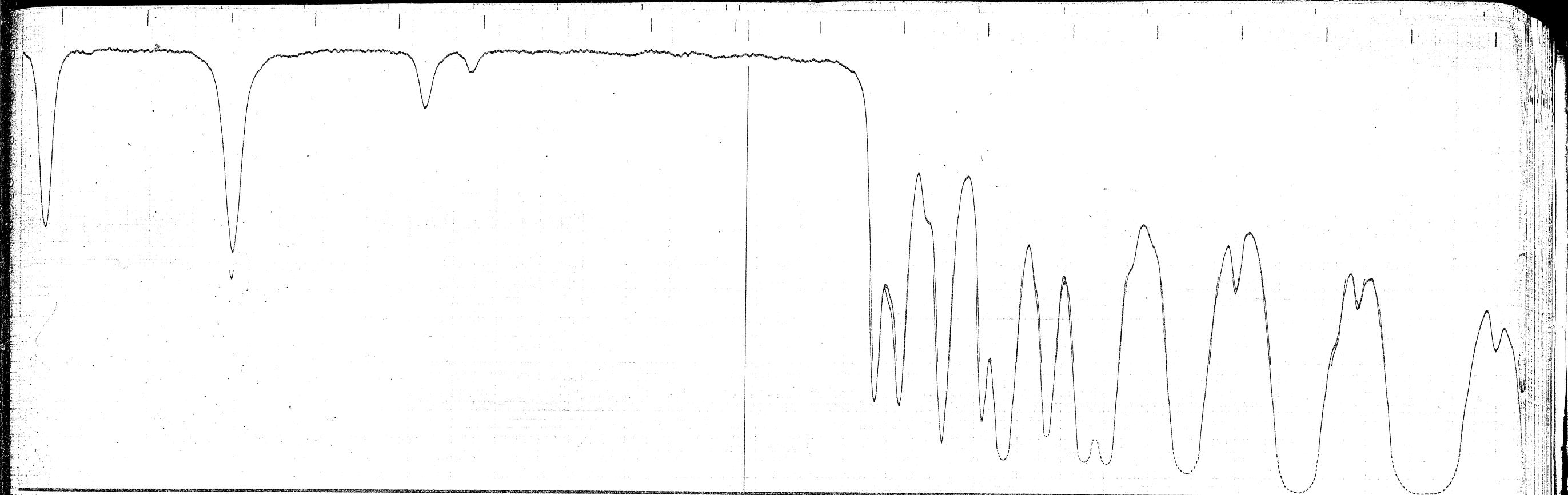


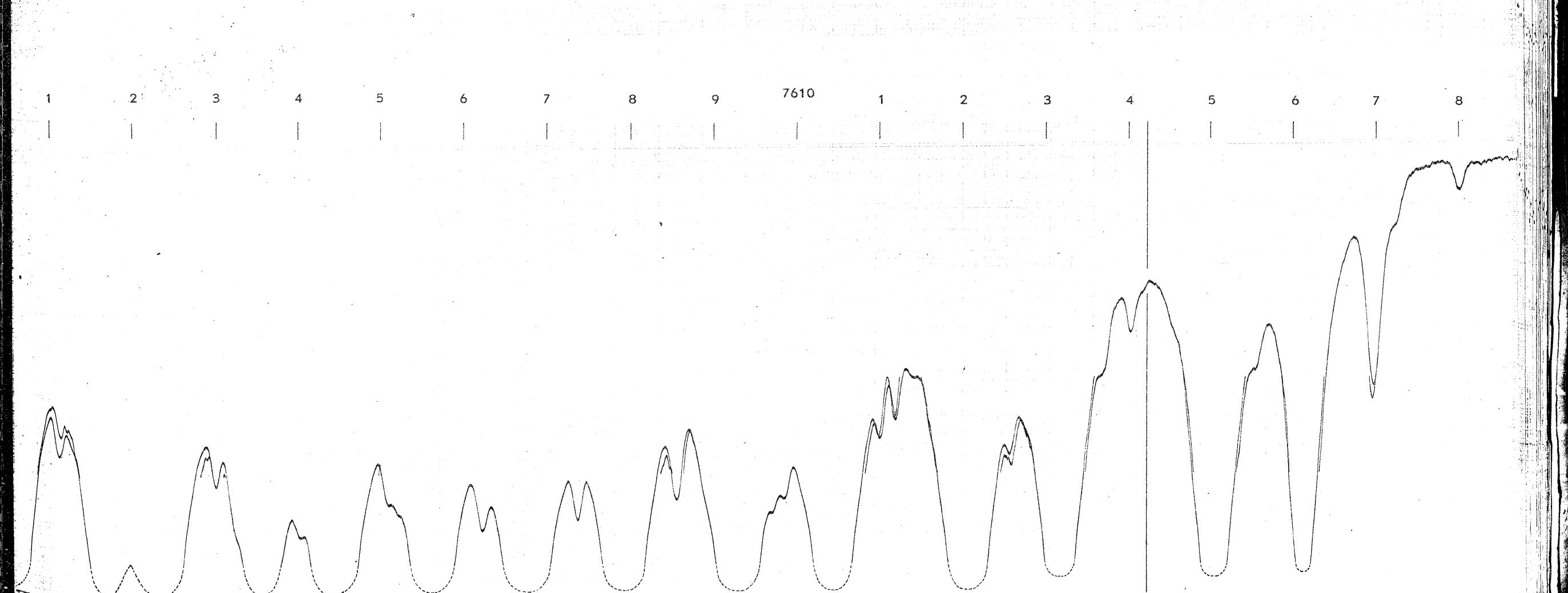
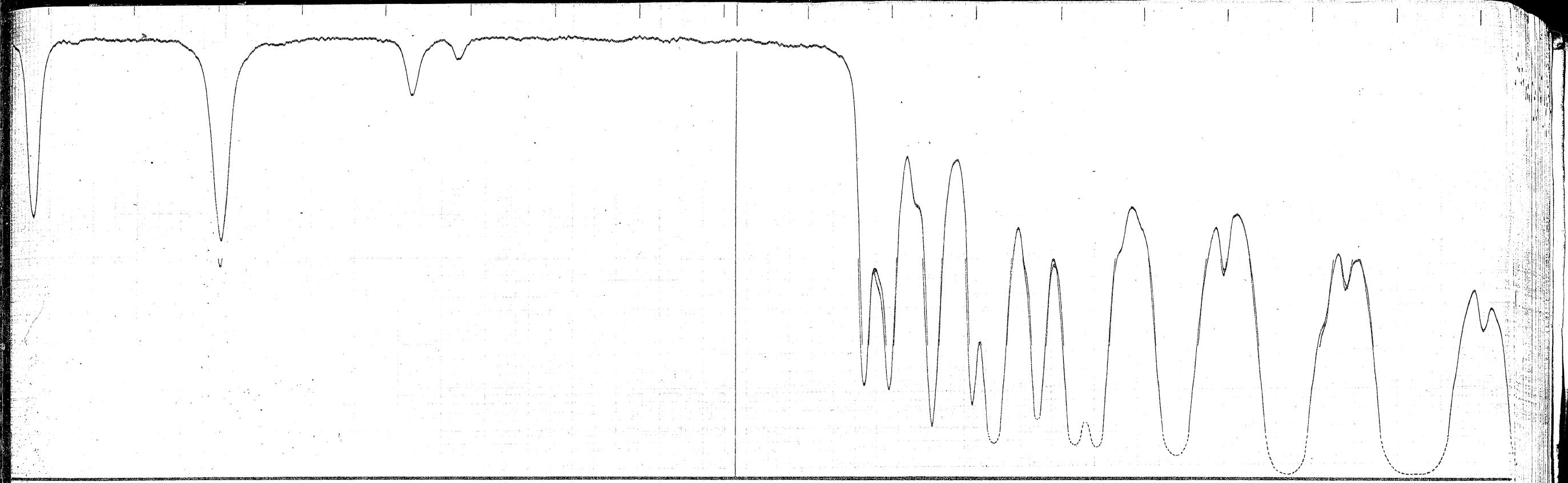


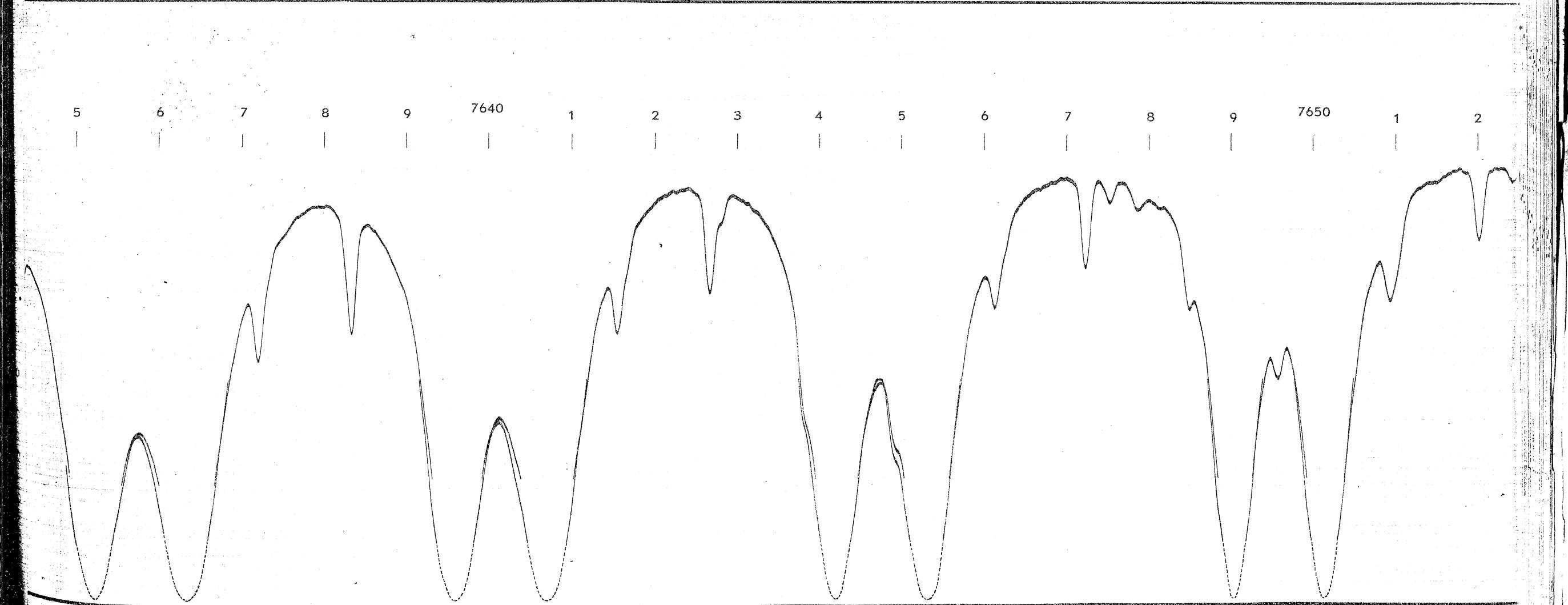
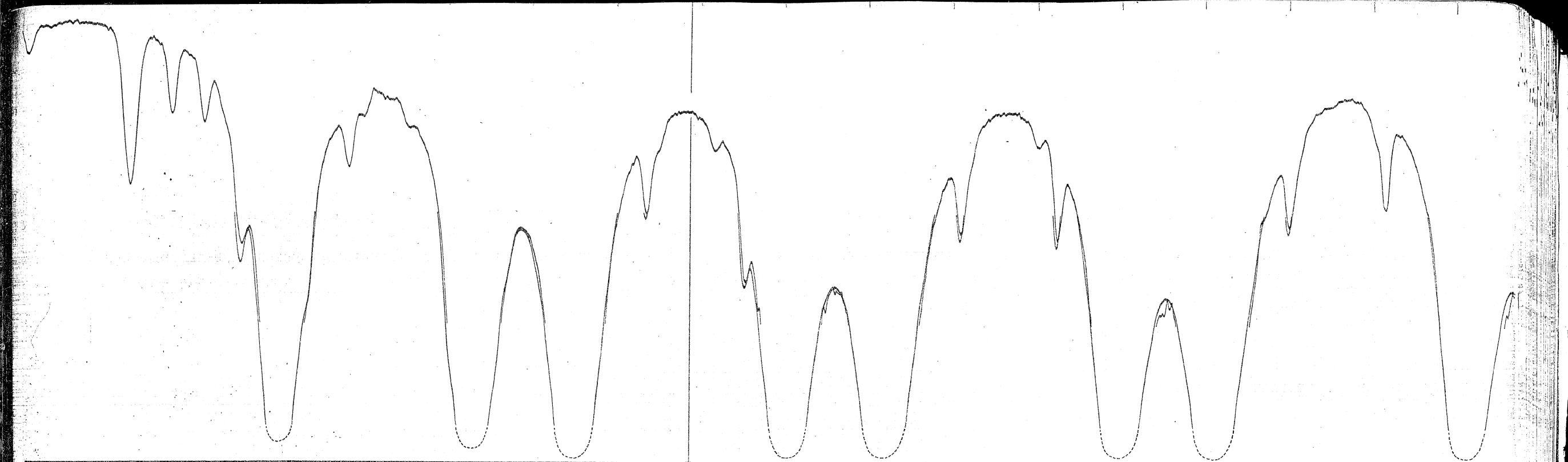


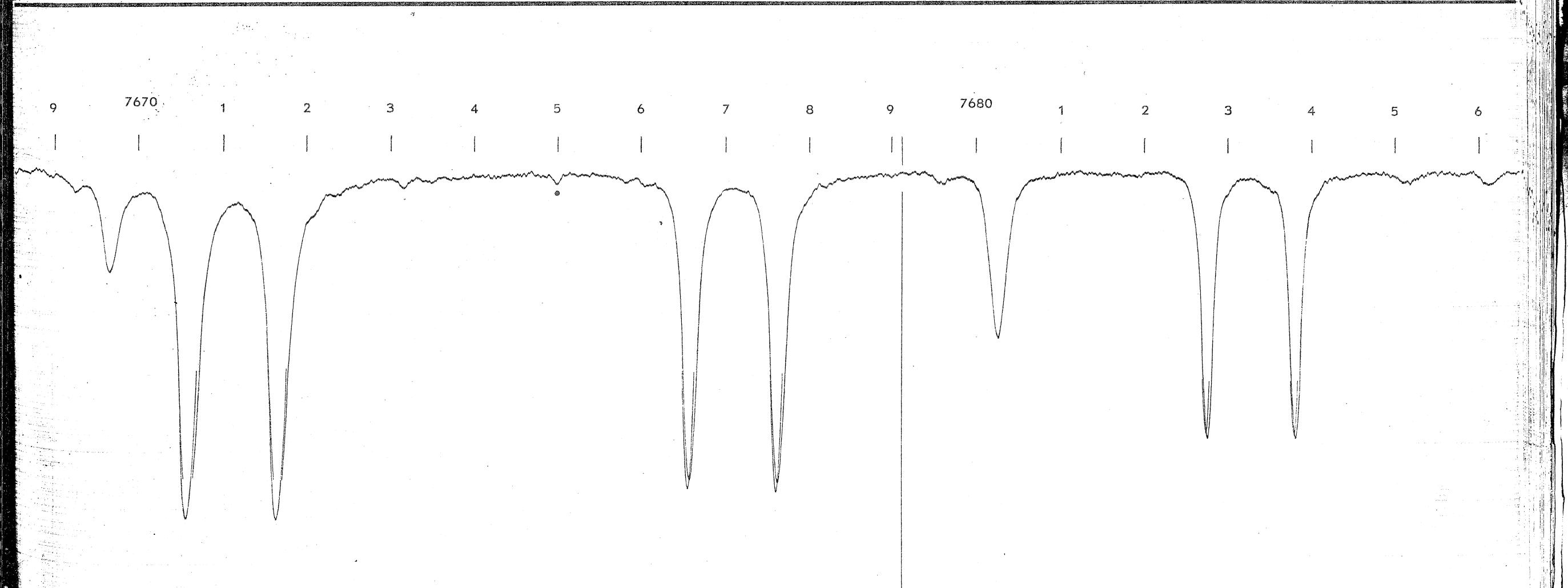
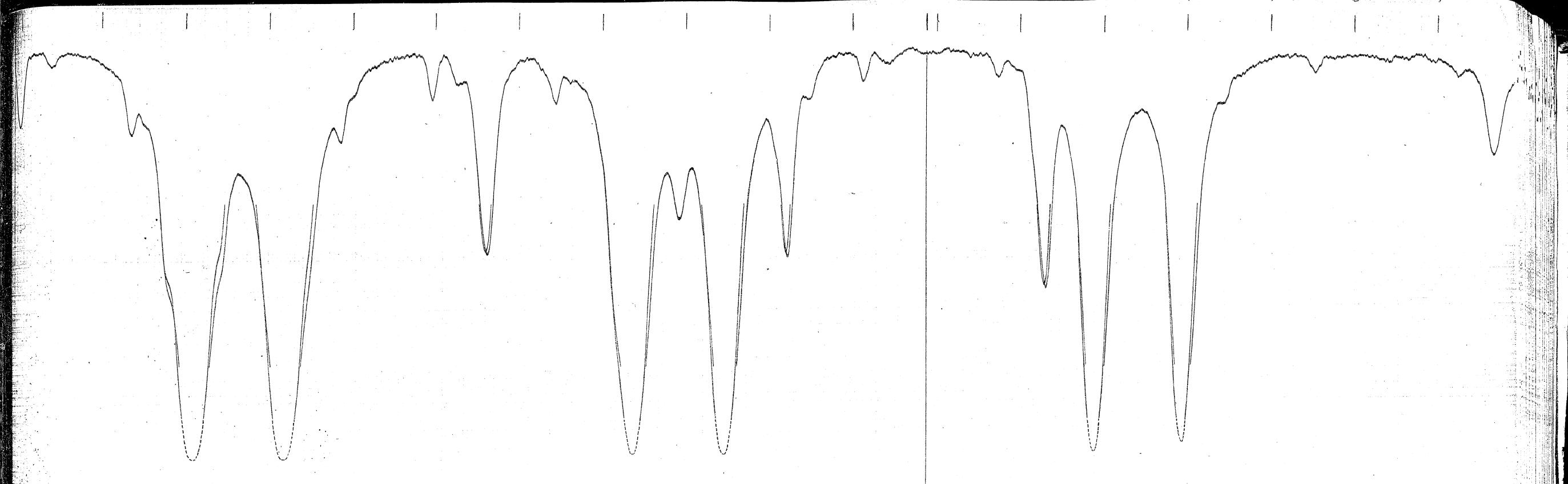


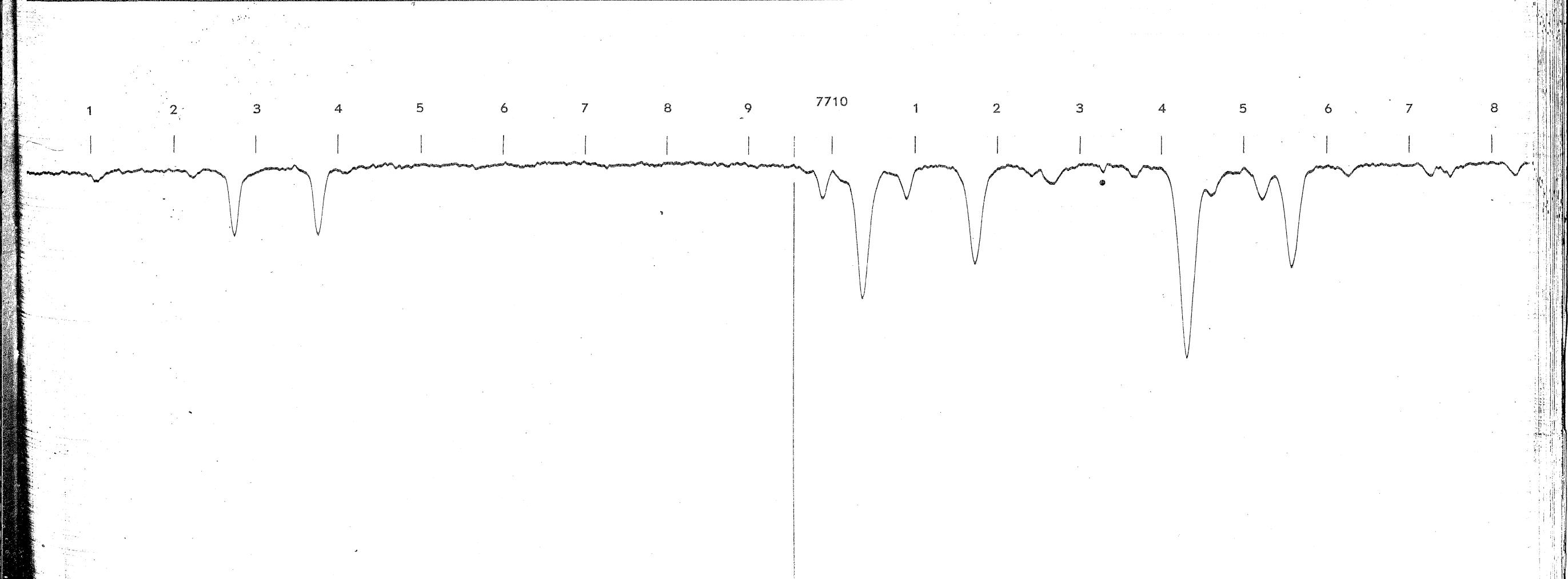
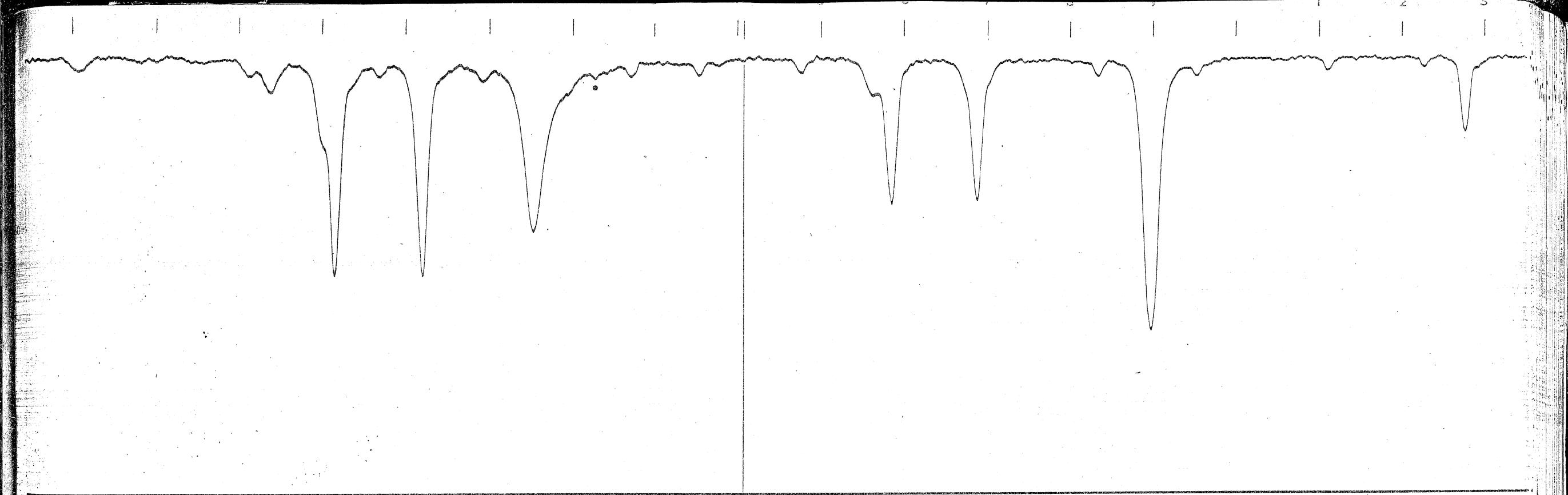


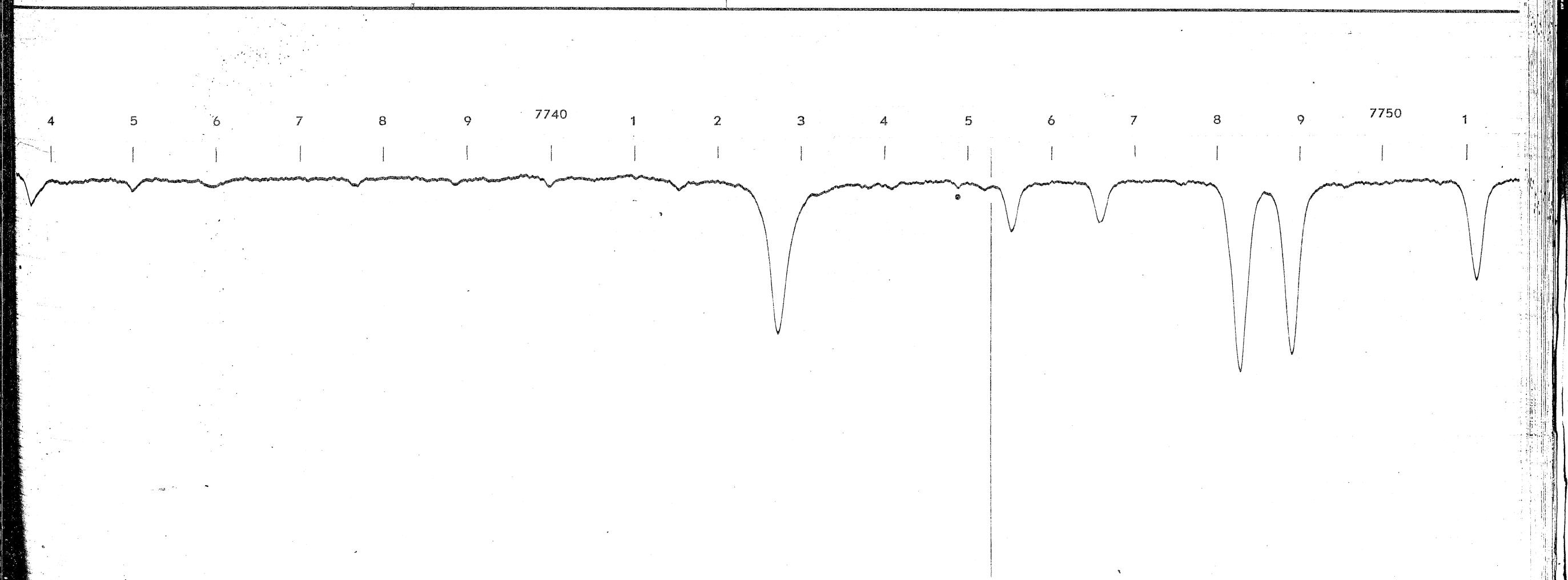
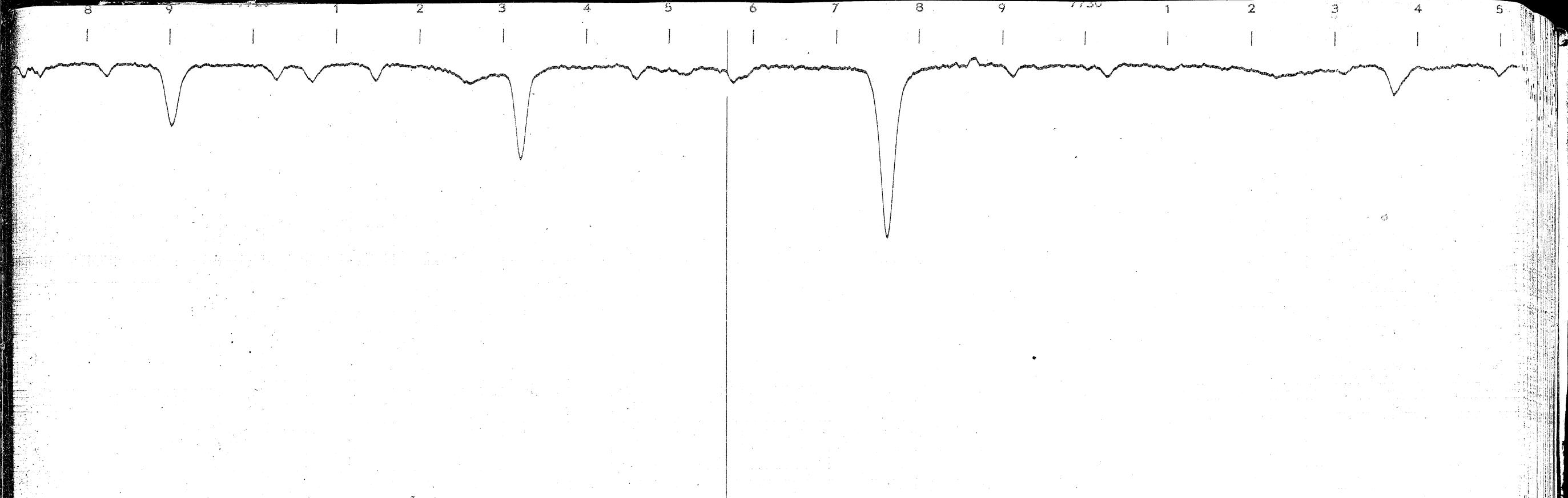


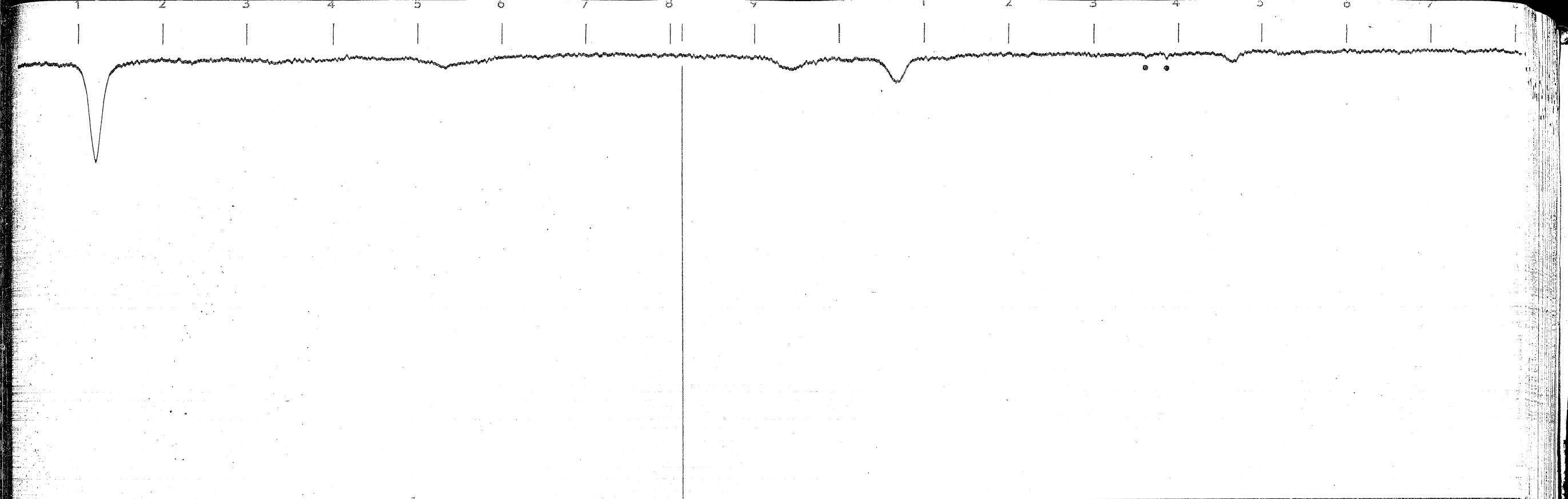




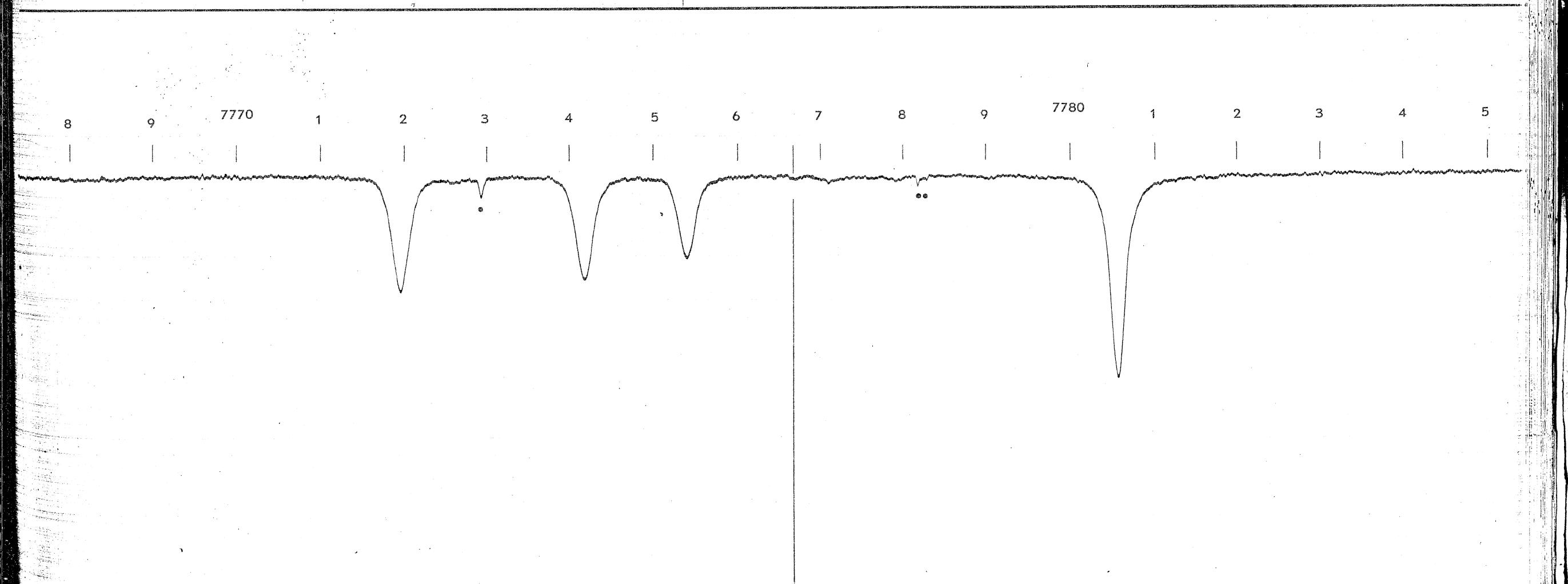


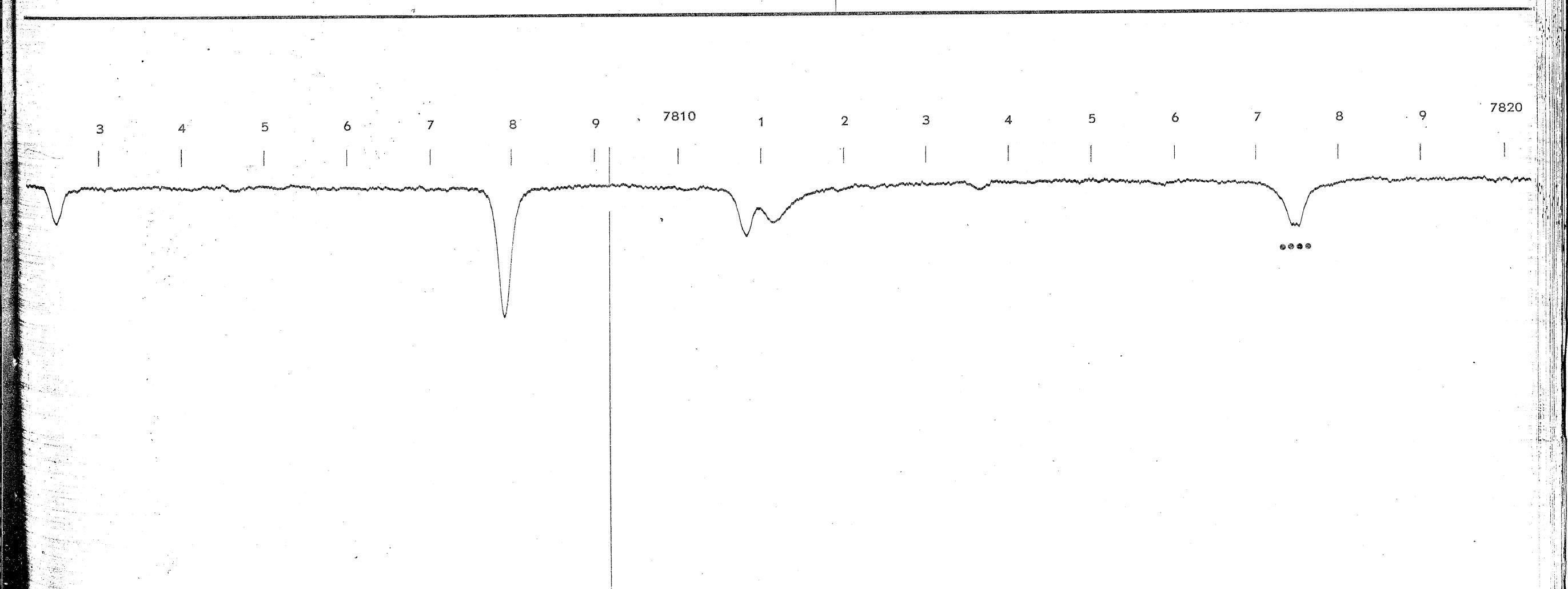
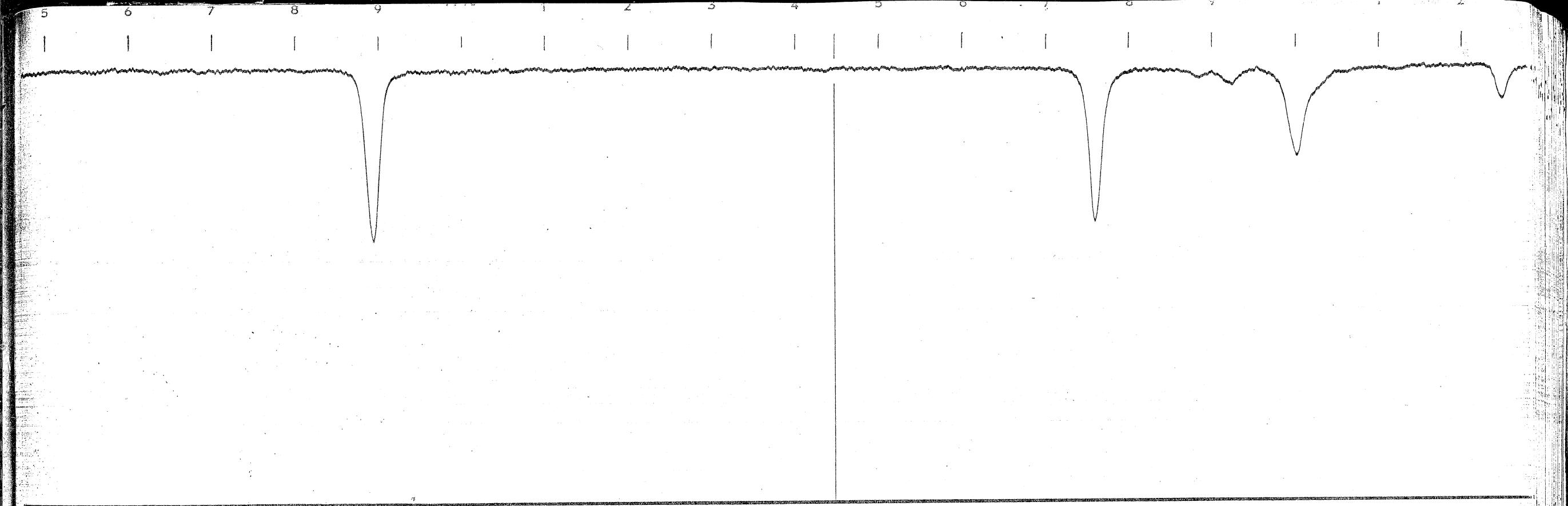


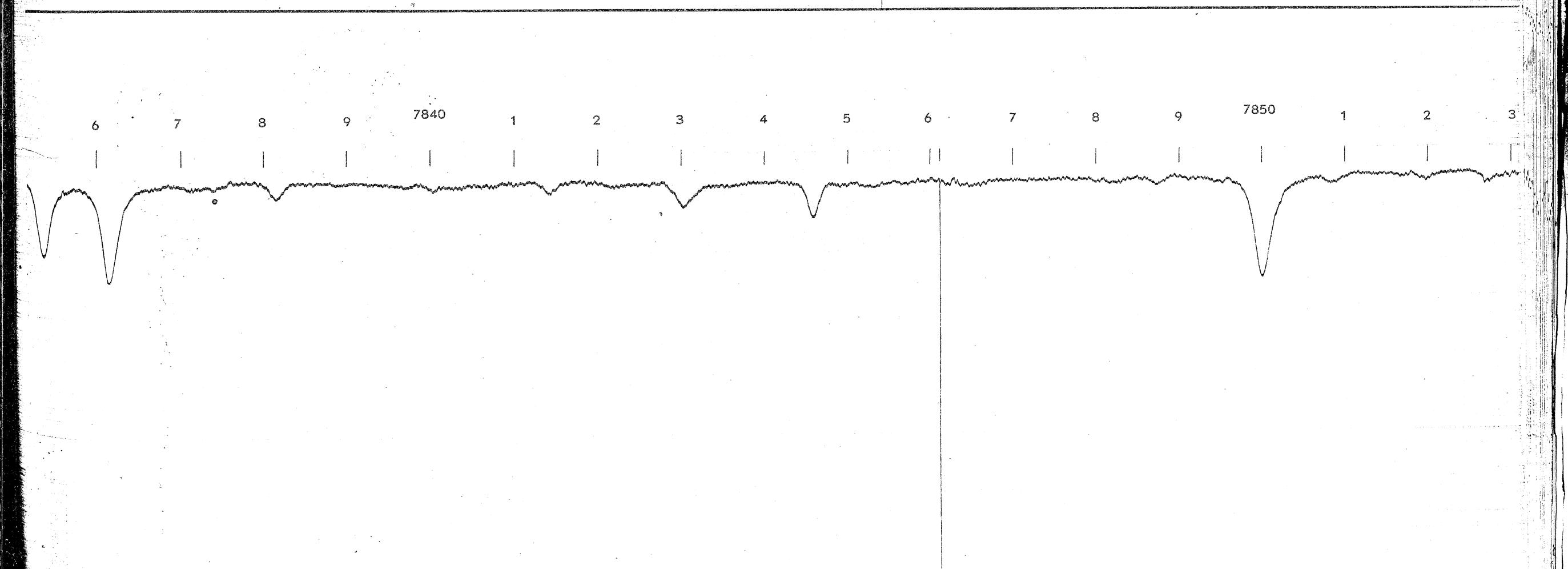
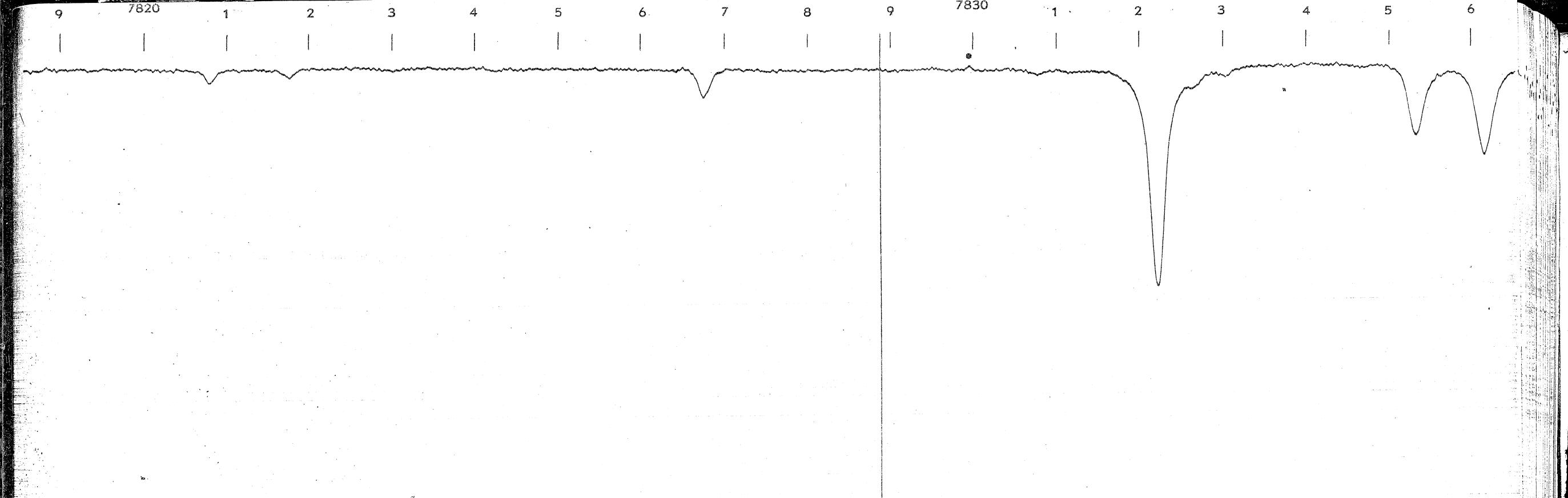


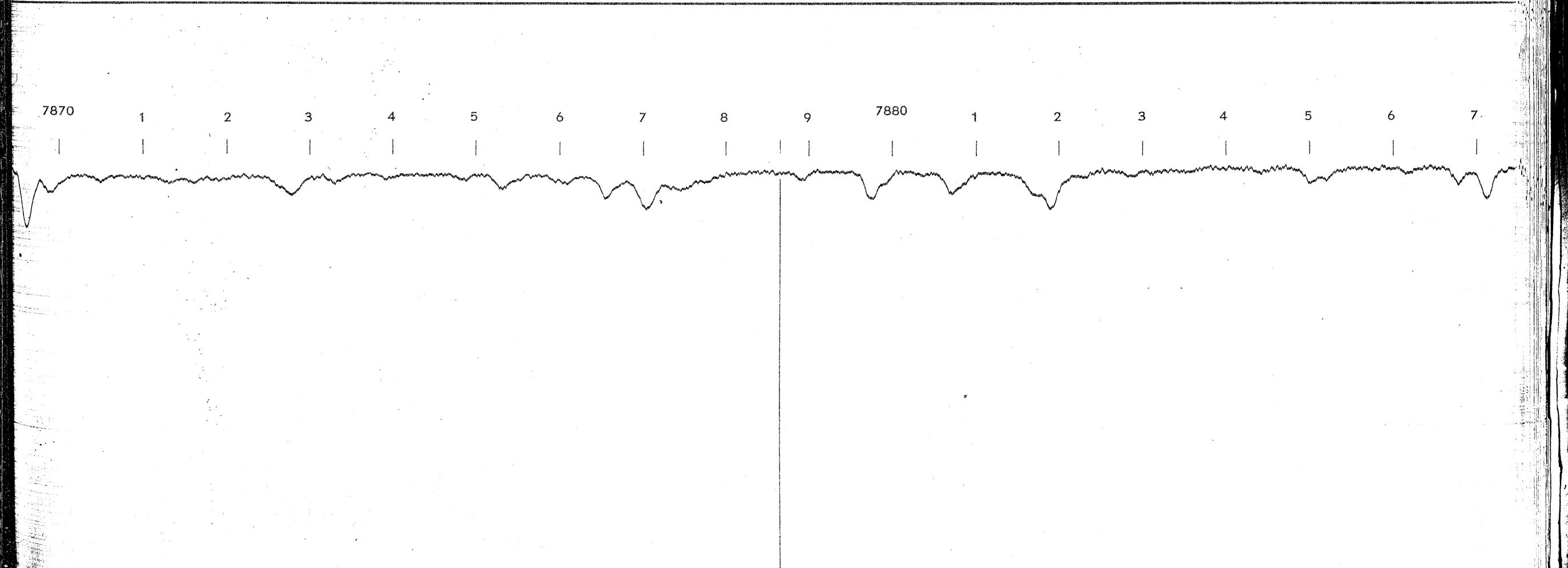
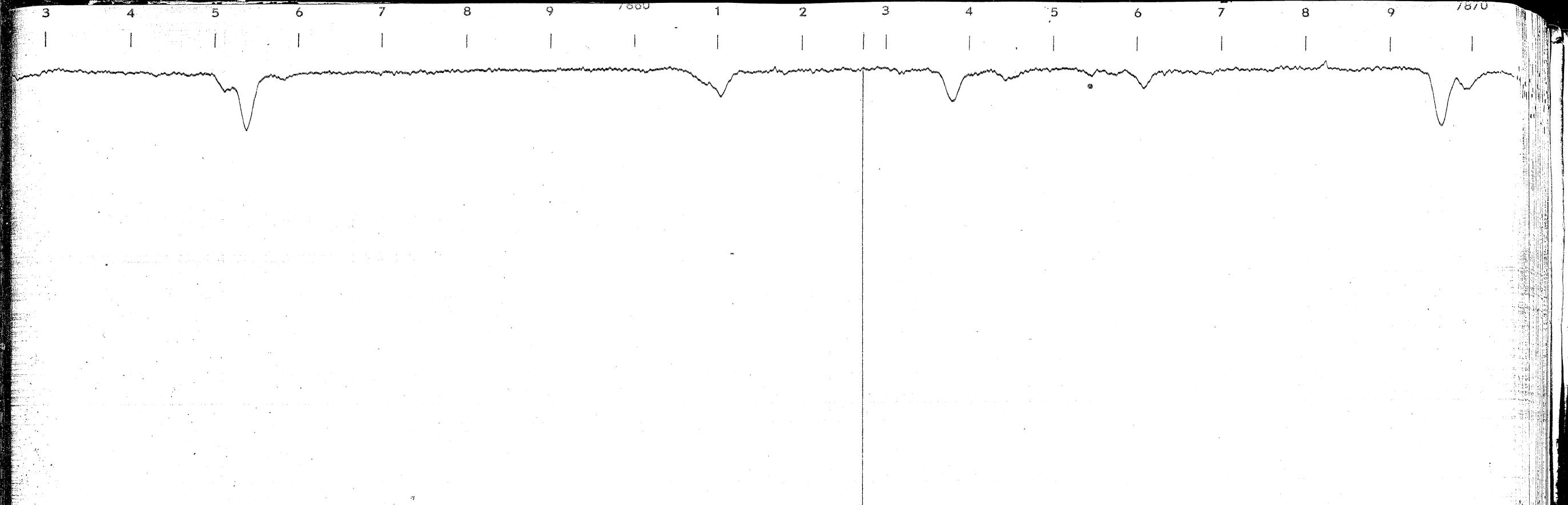


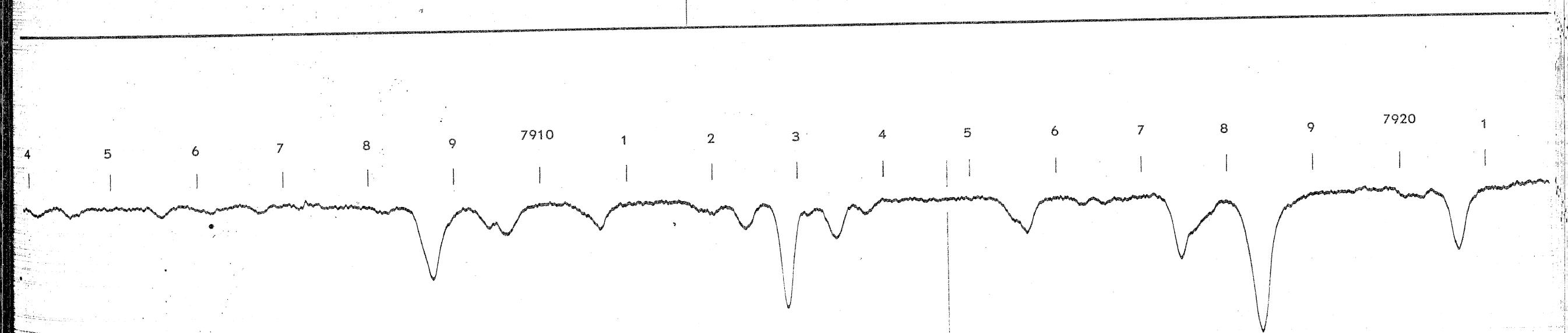
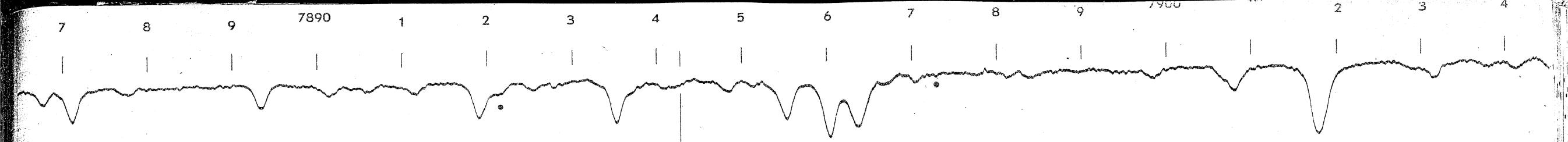
8 9 7770 1 2 3 4 5 6 7 8 9 7780 1 2 3 4 5

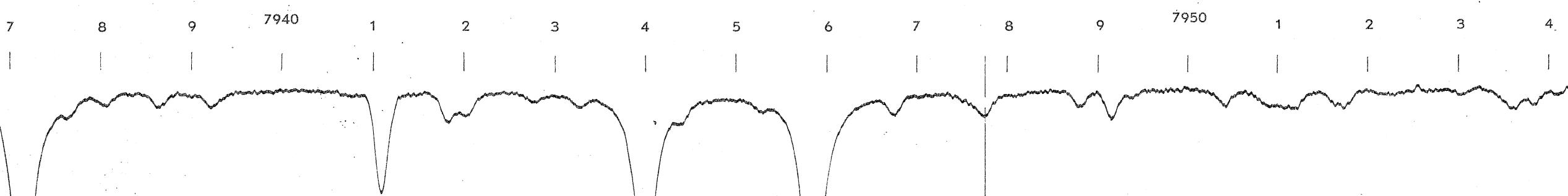
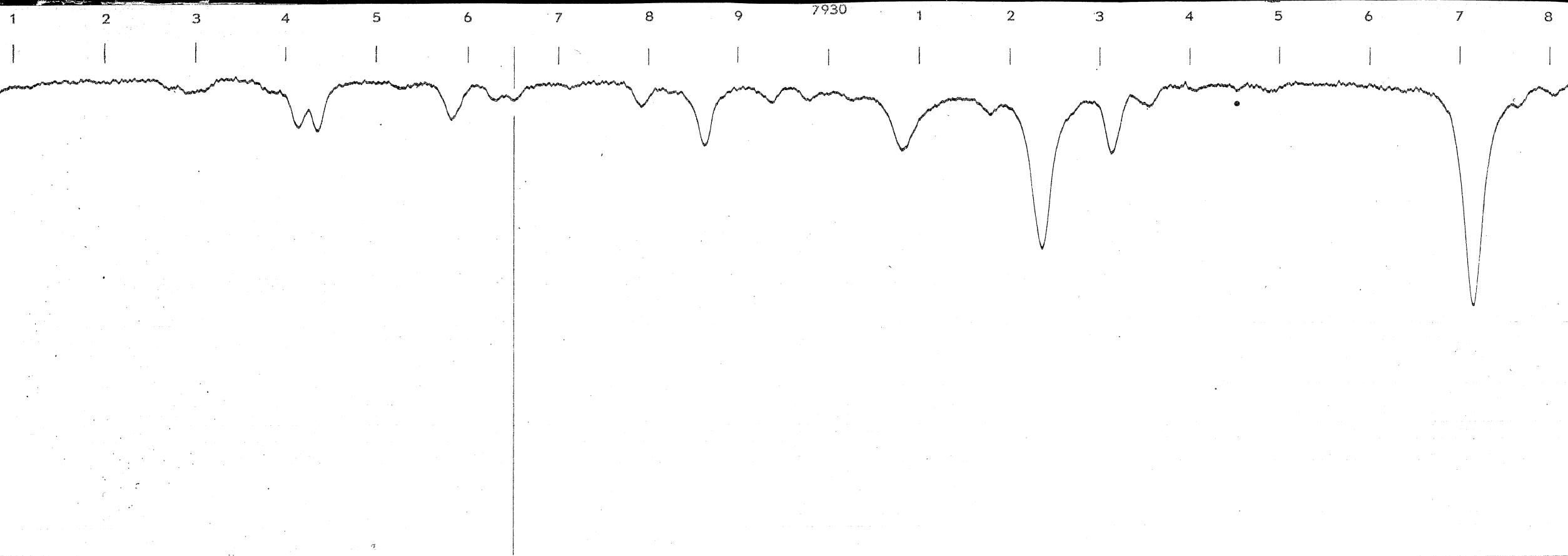


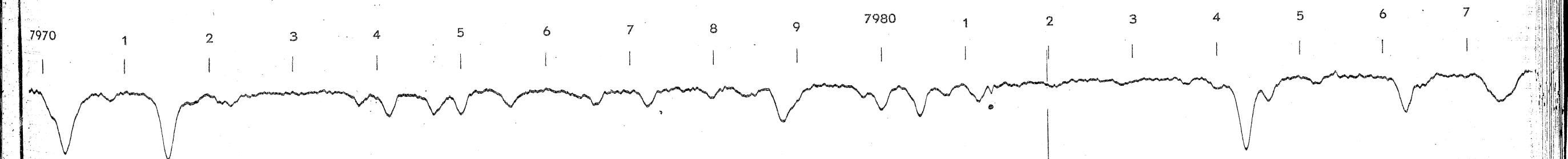
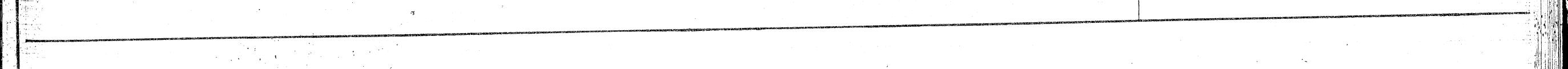
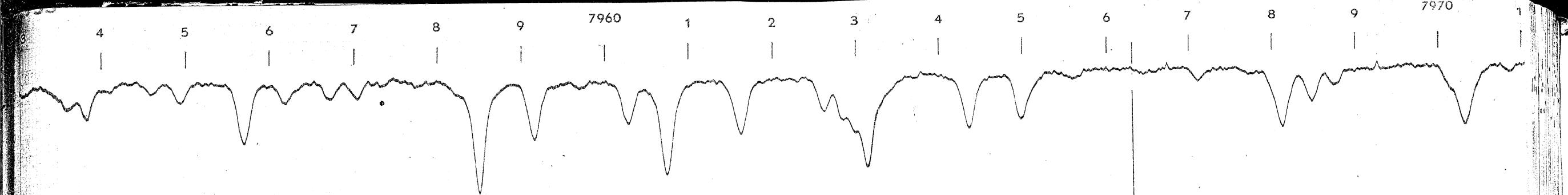


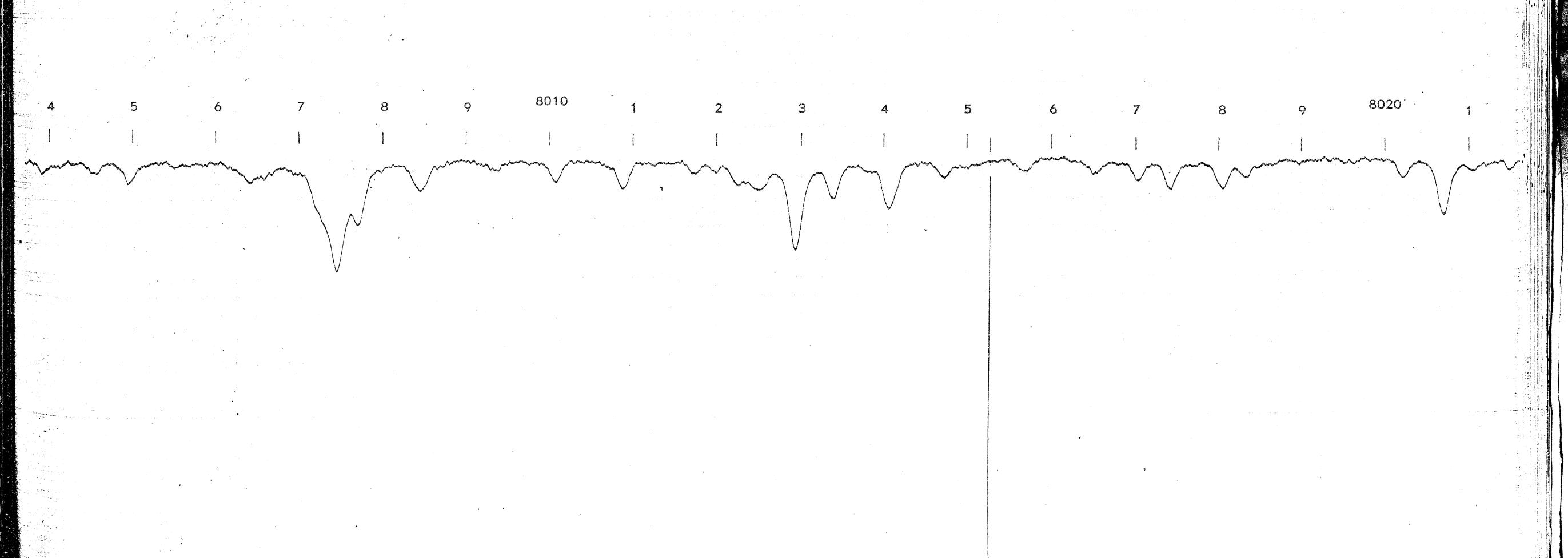
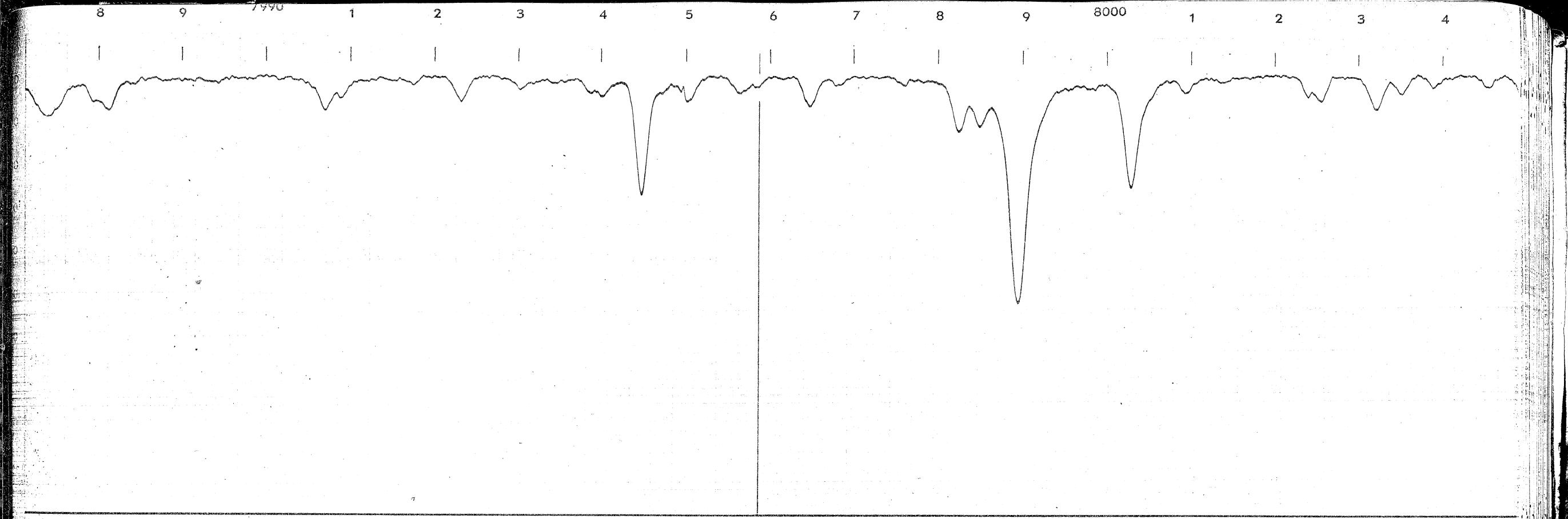


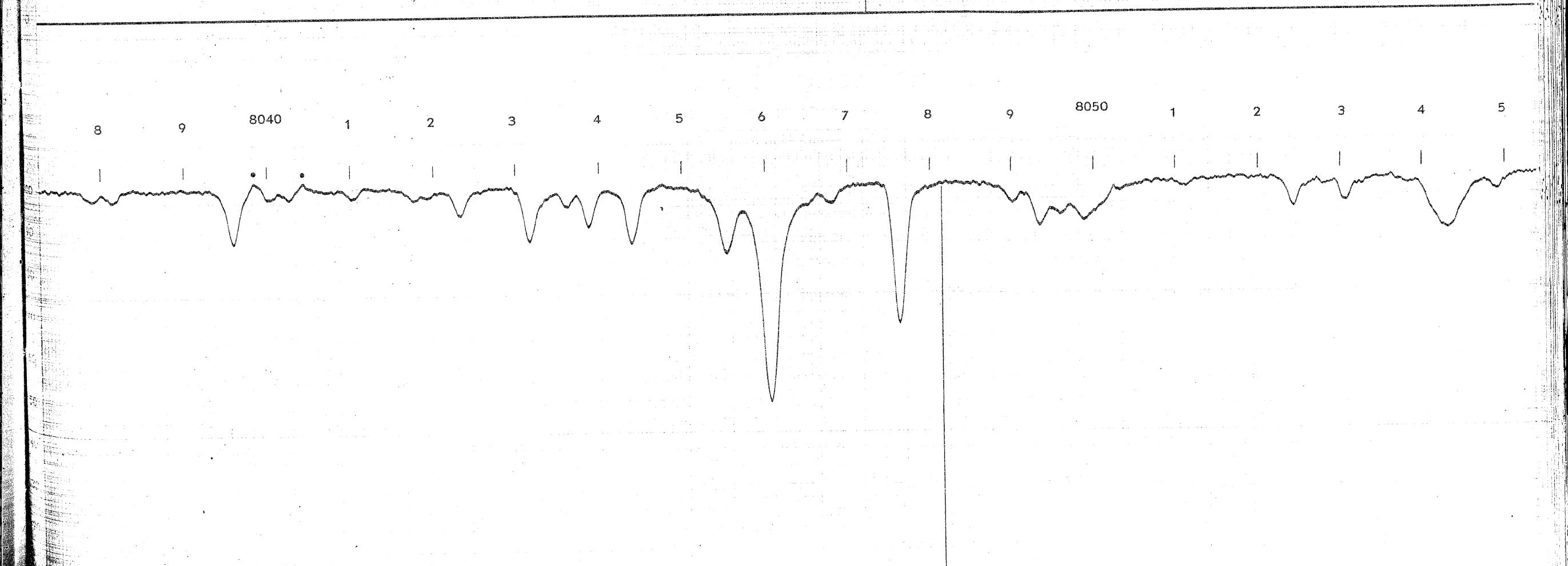
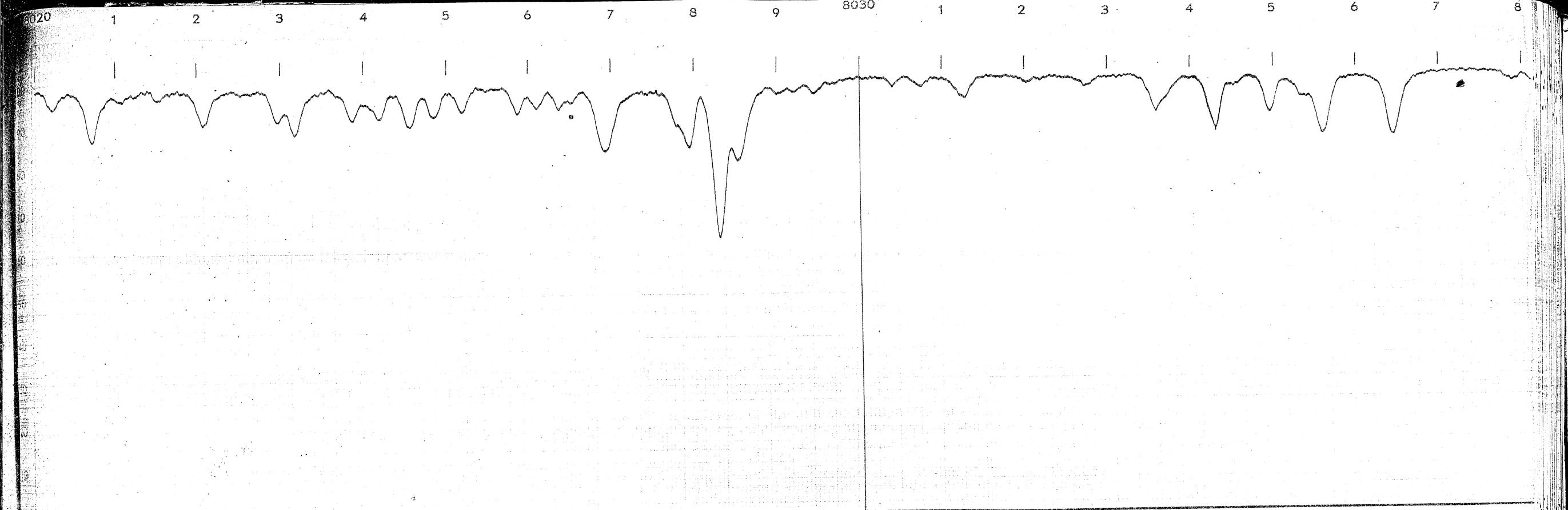


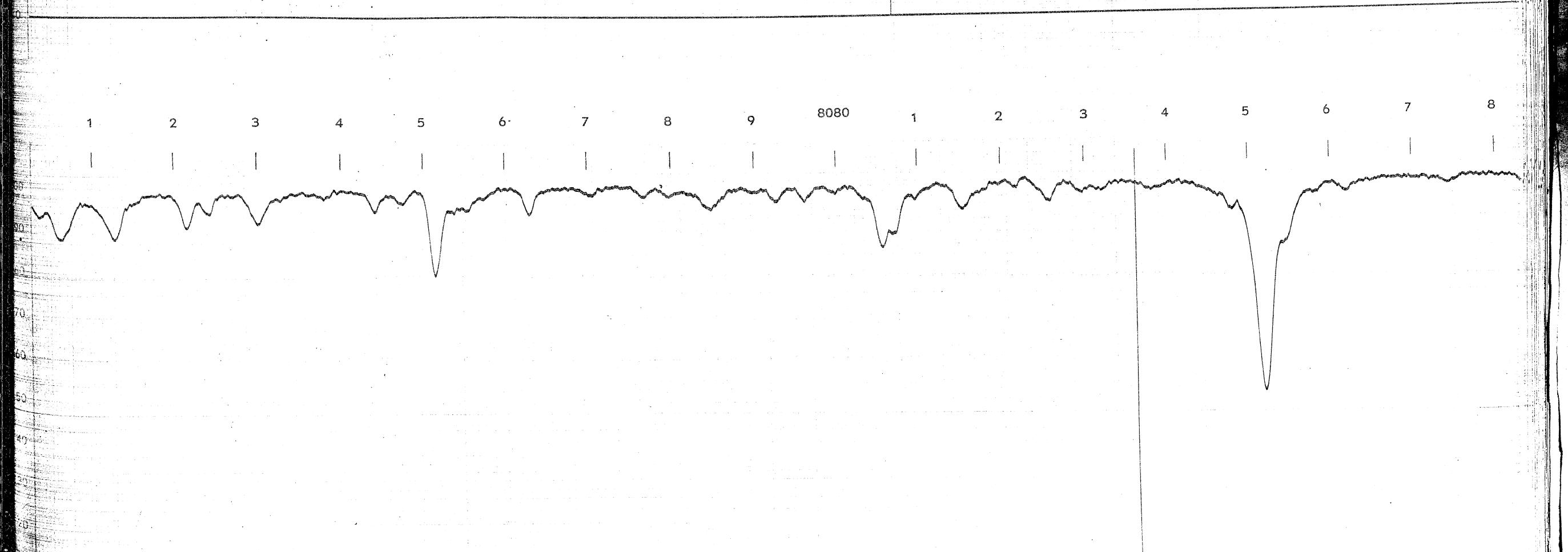
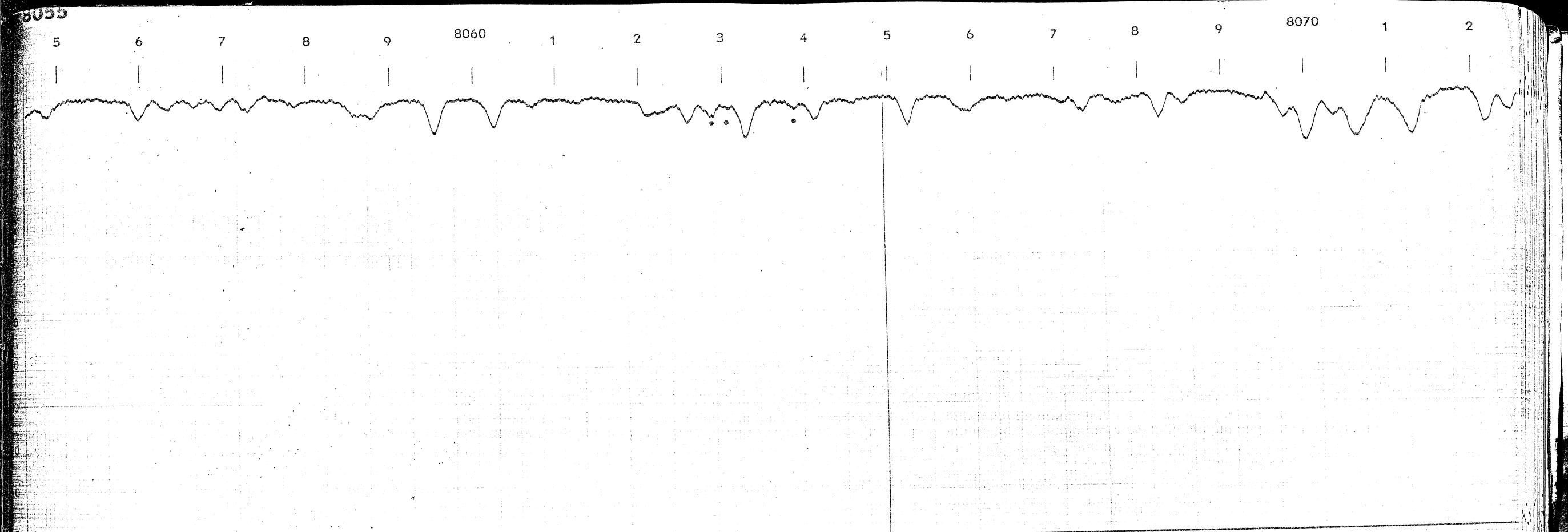


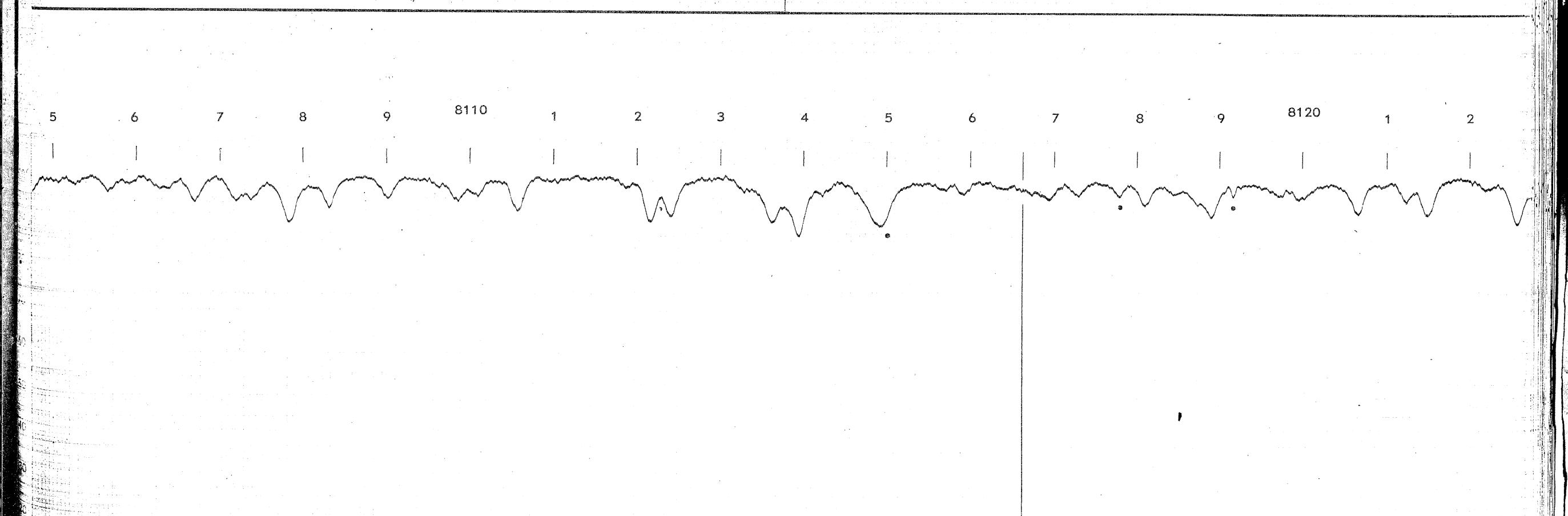
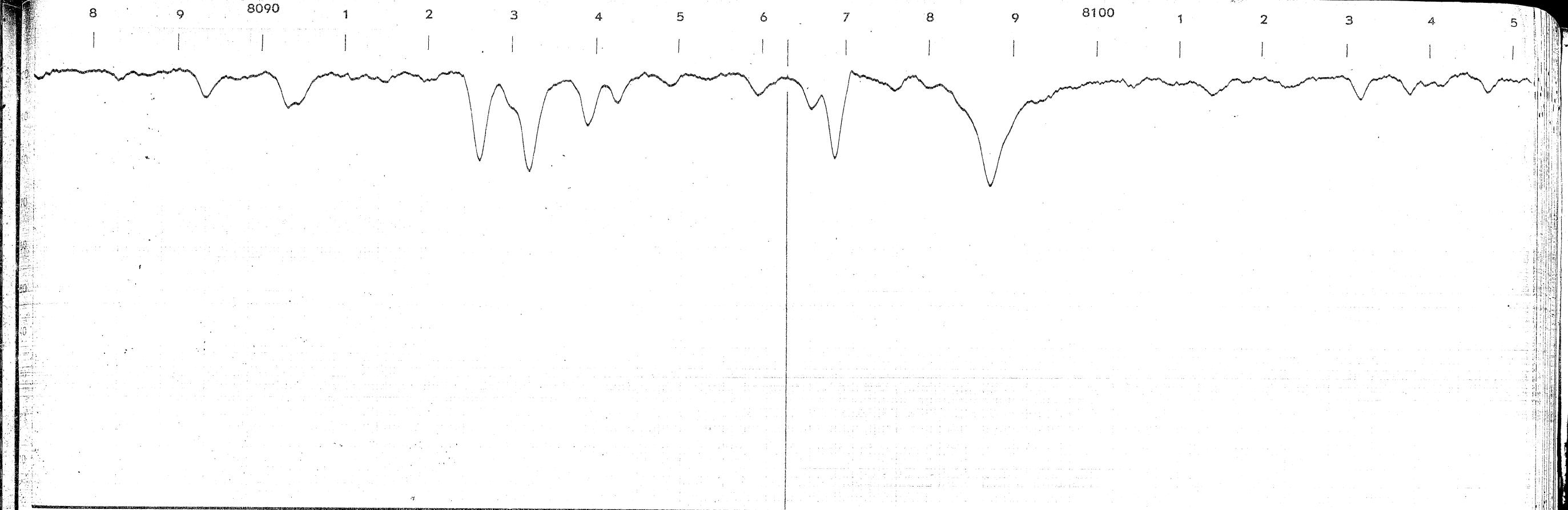


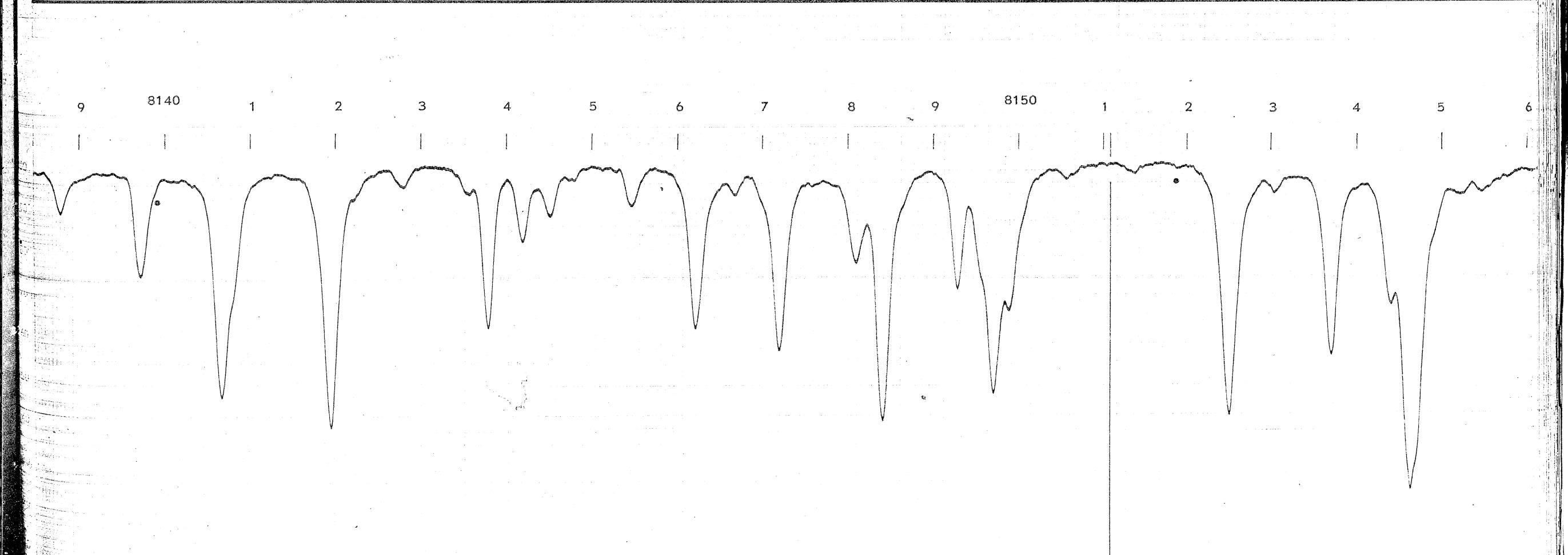
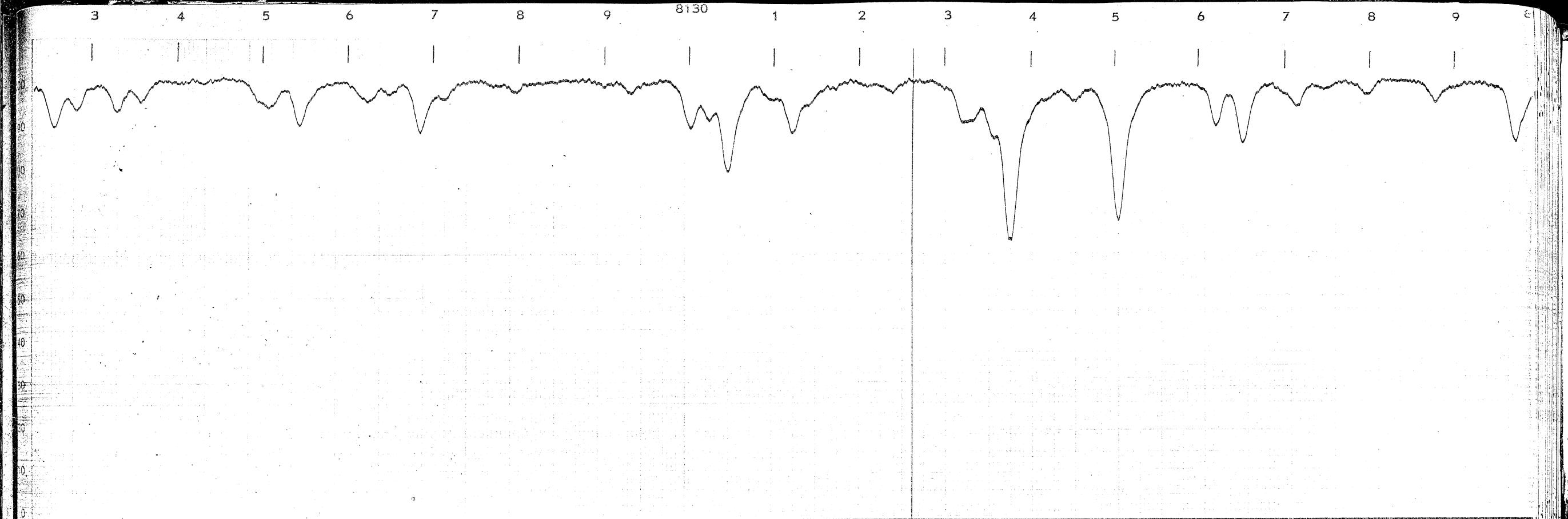


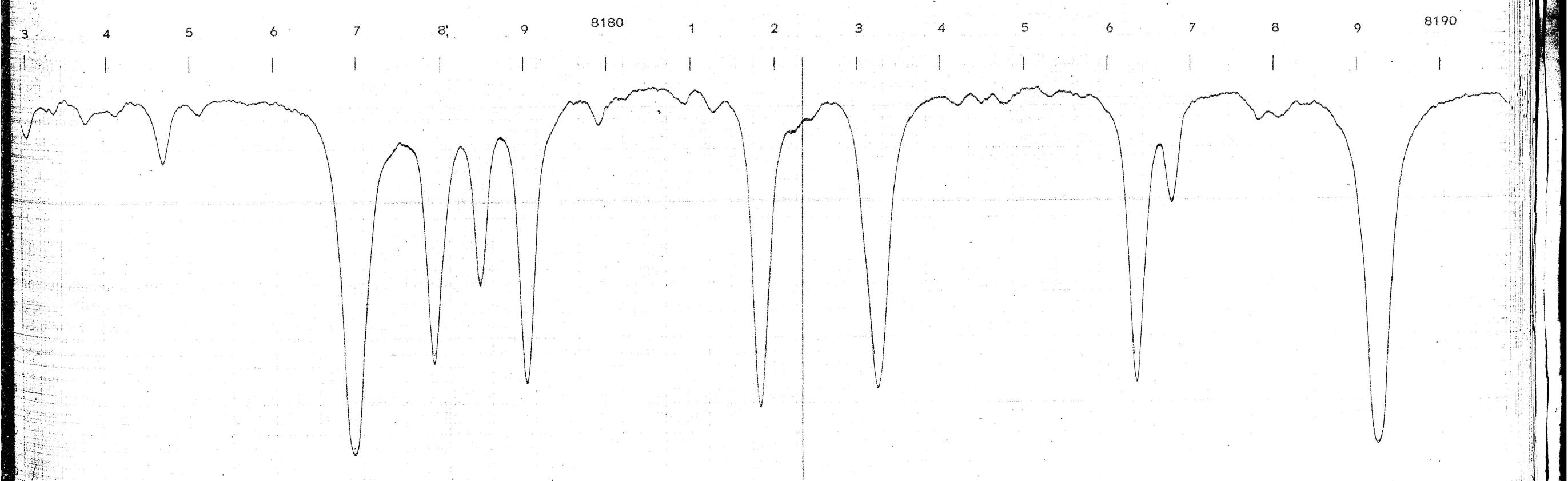
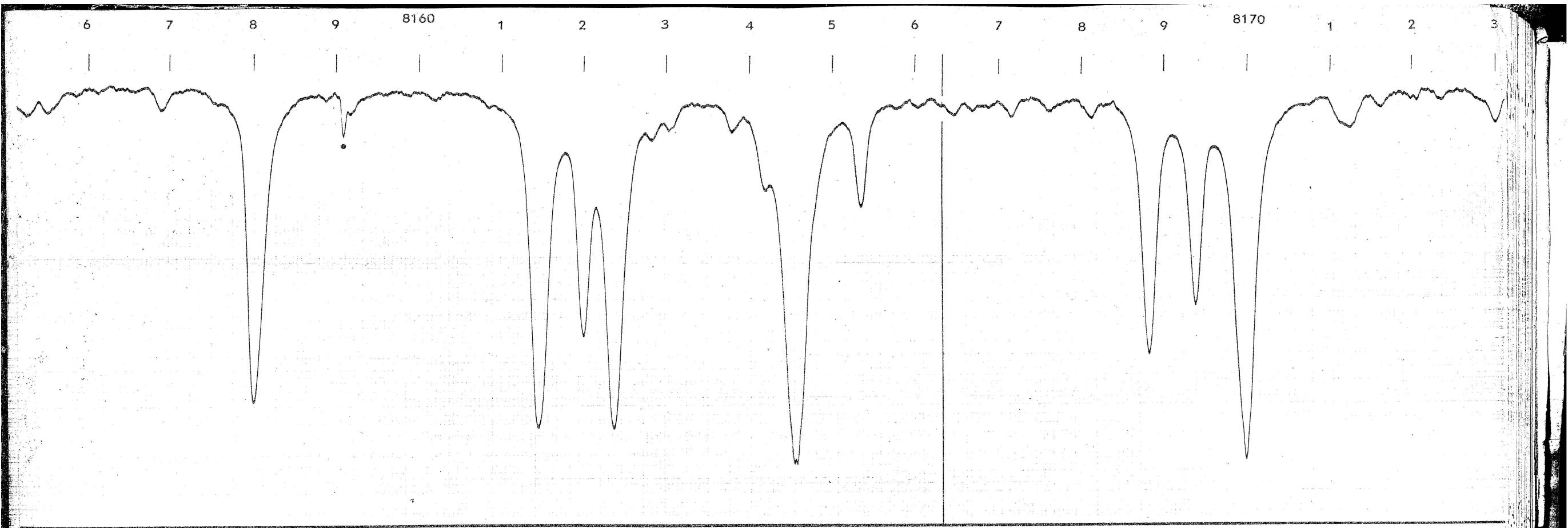


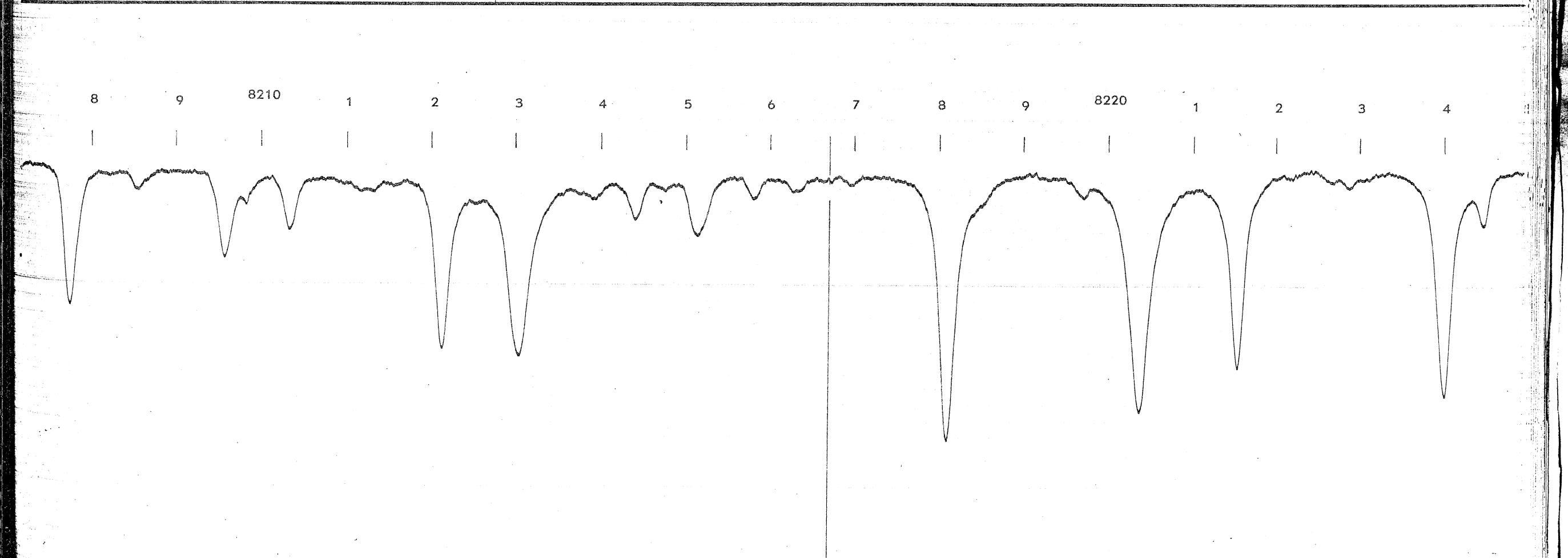
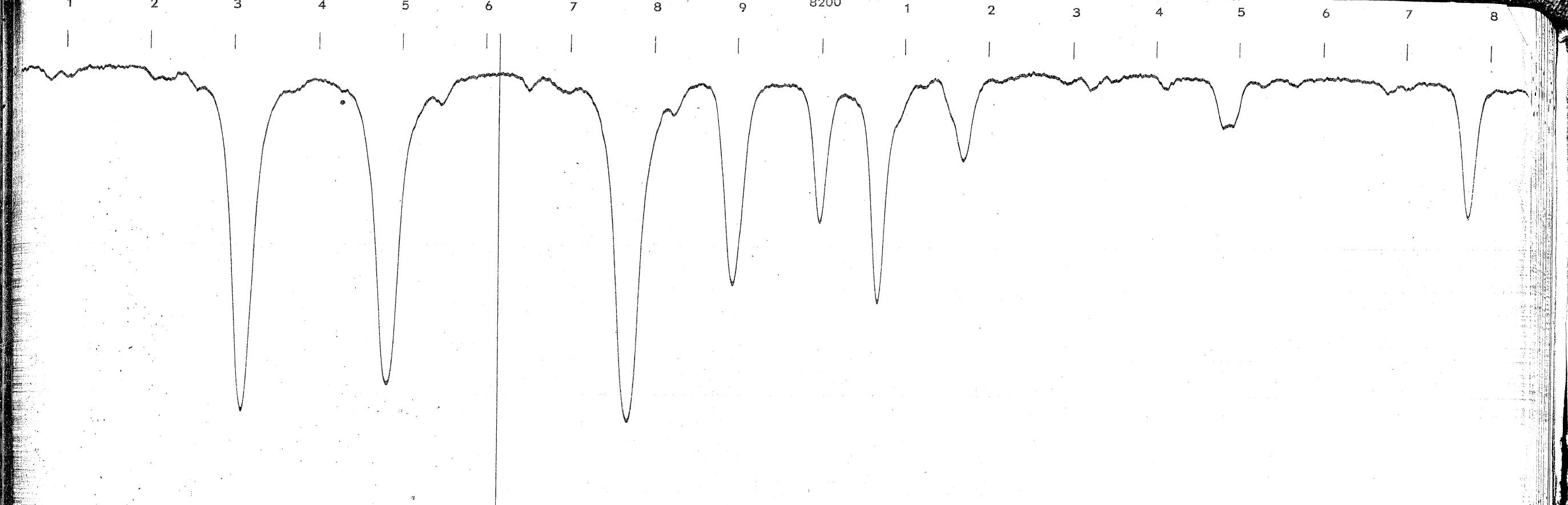


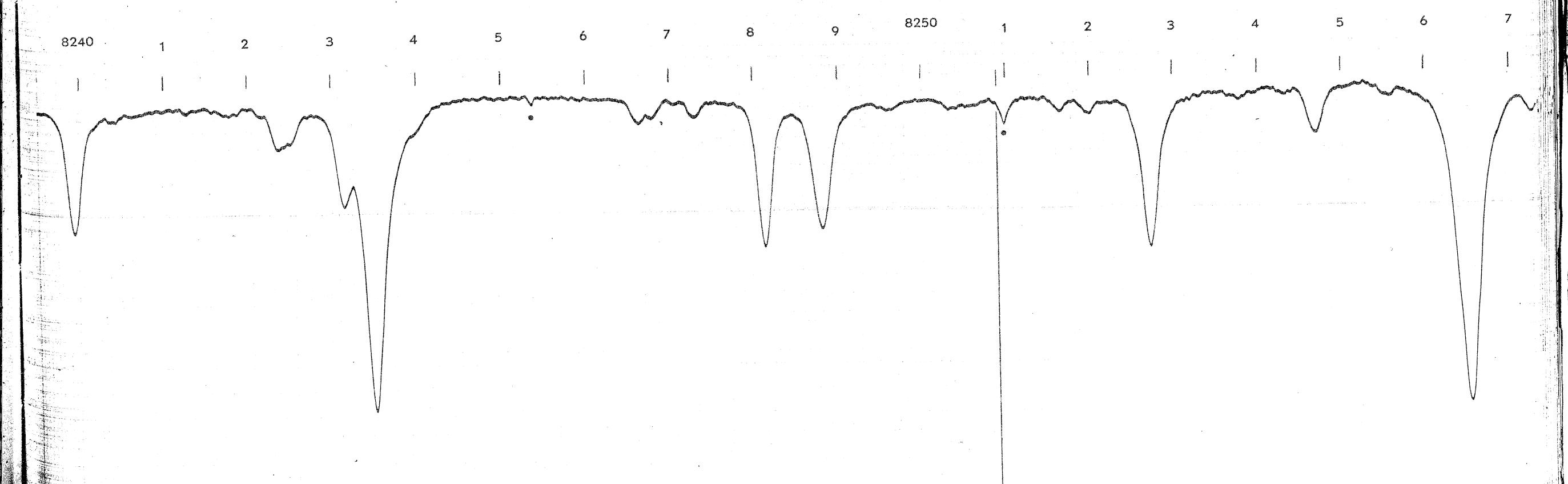
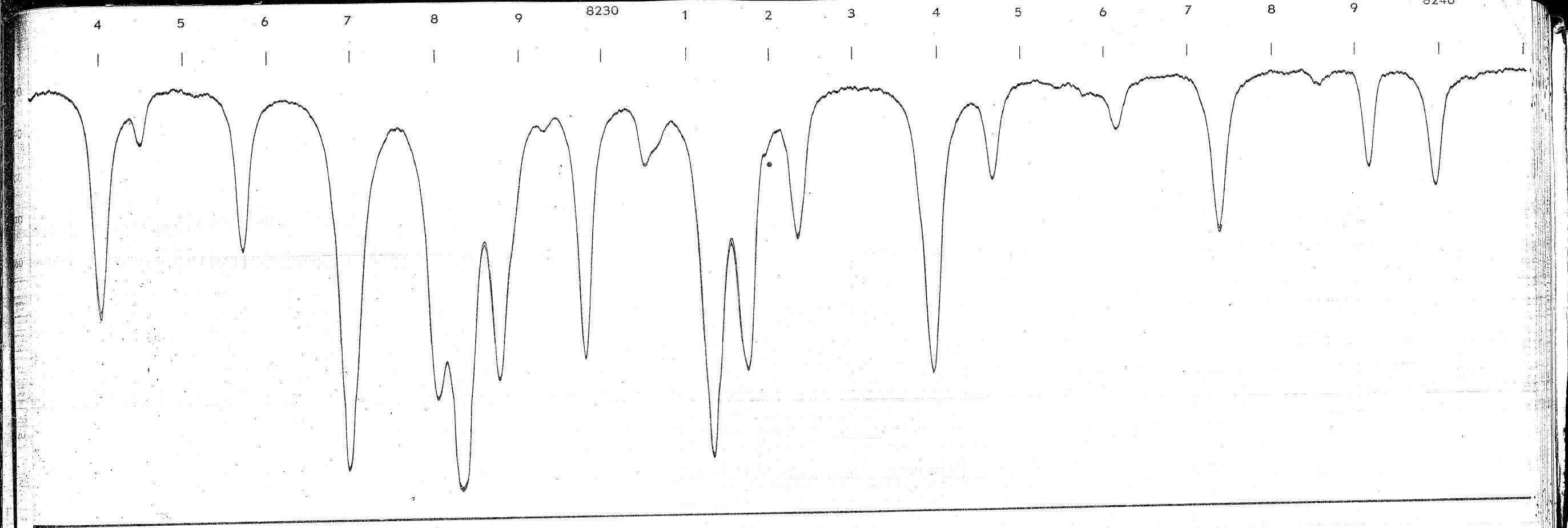


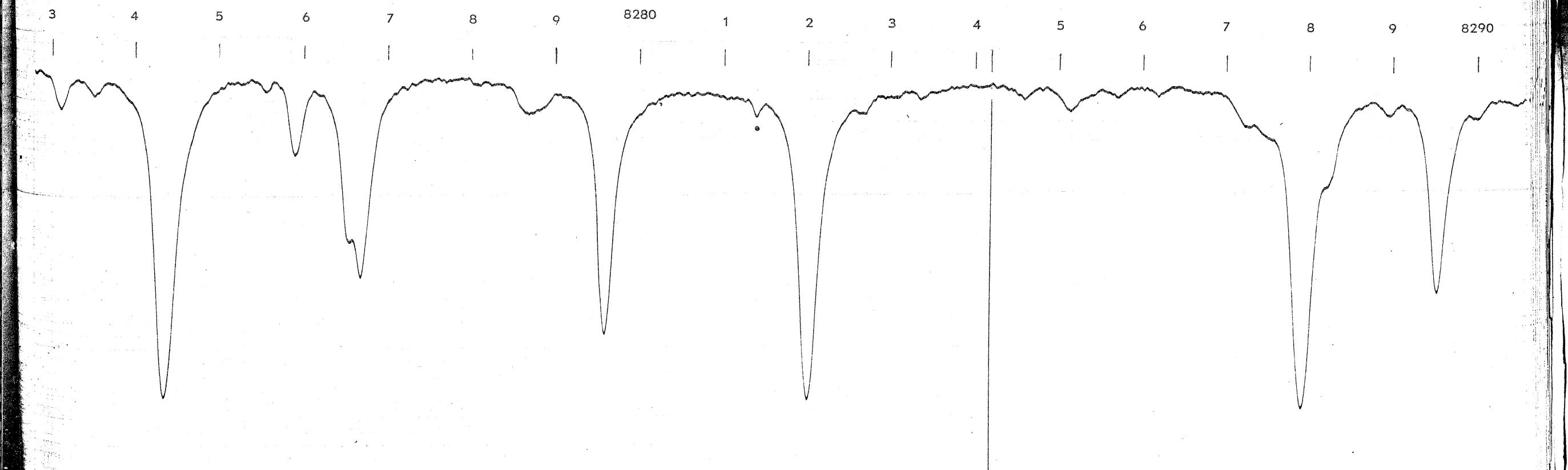
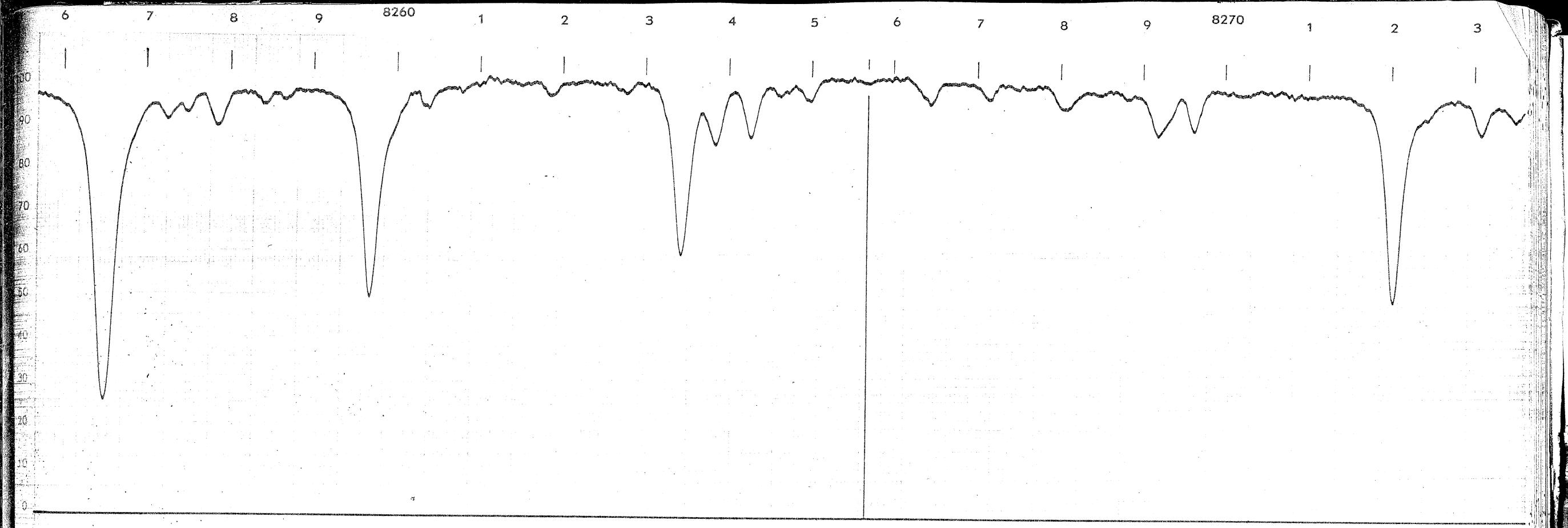


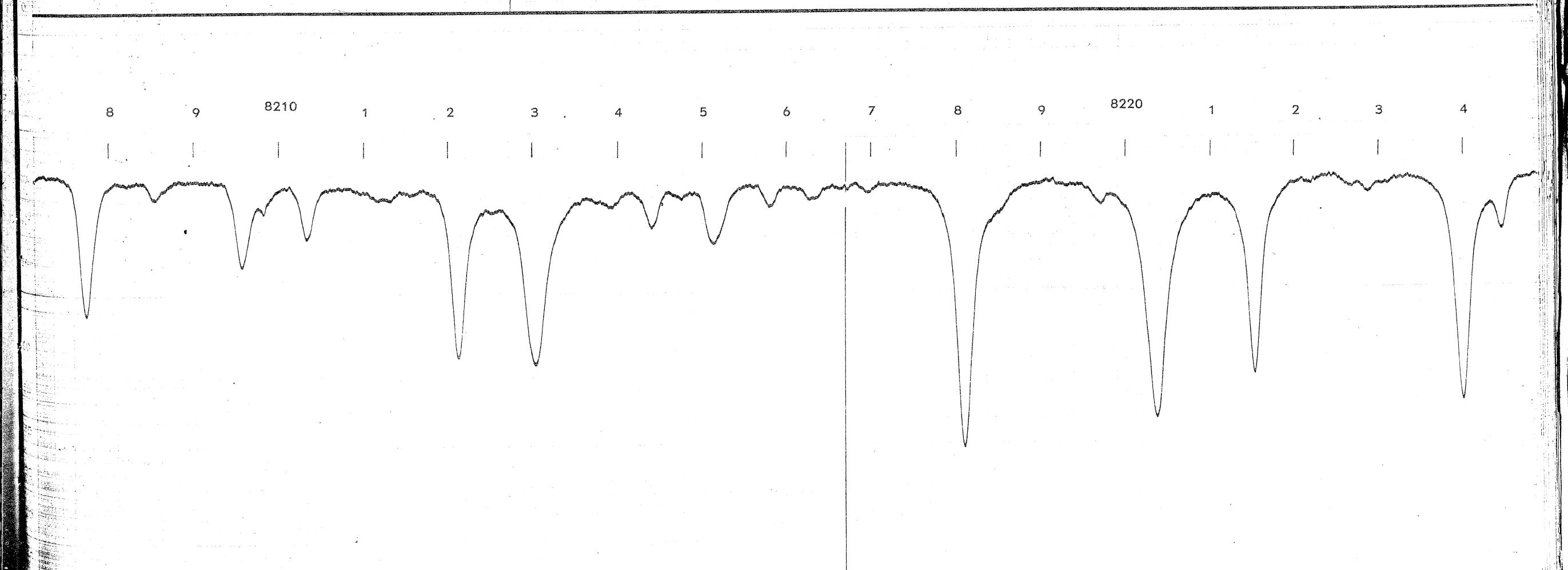
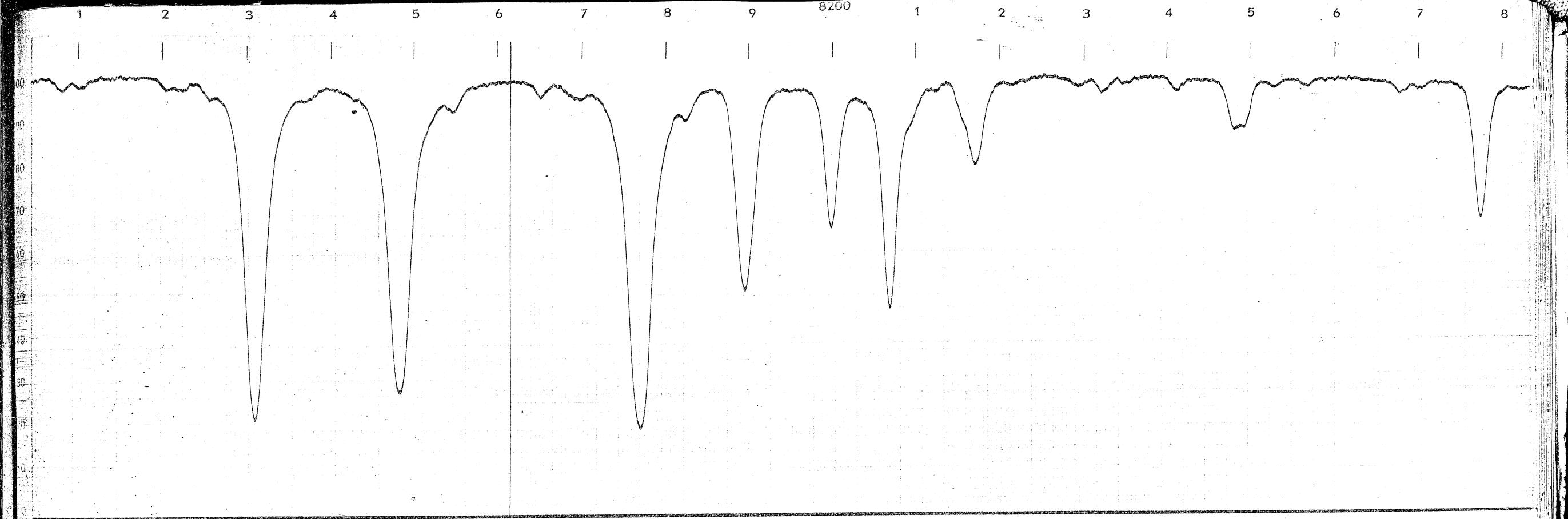




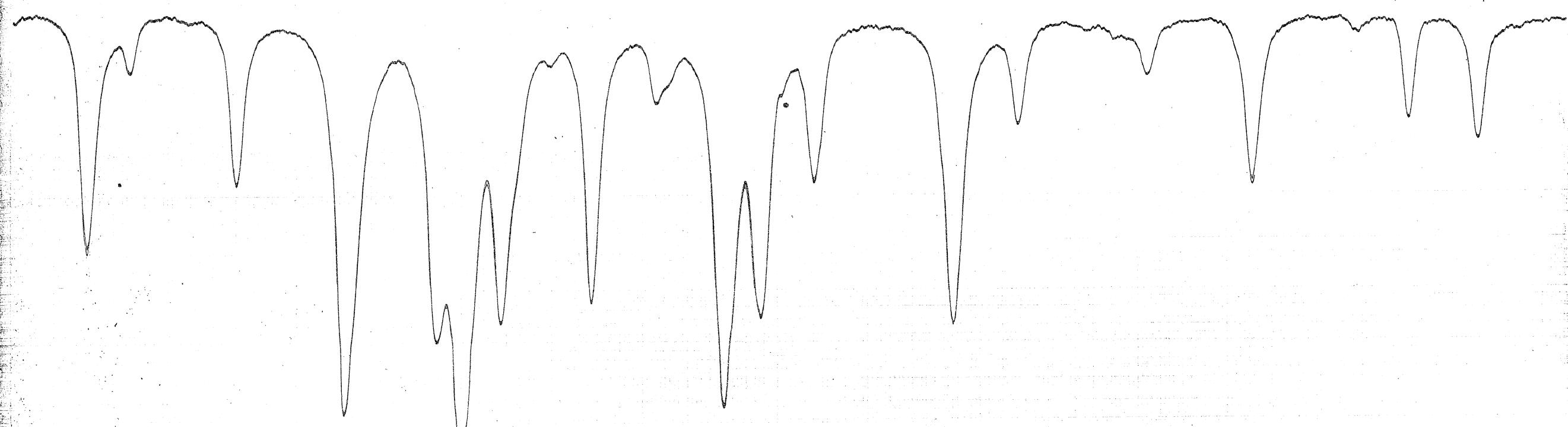




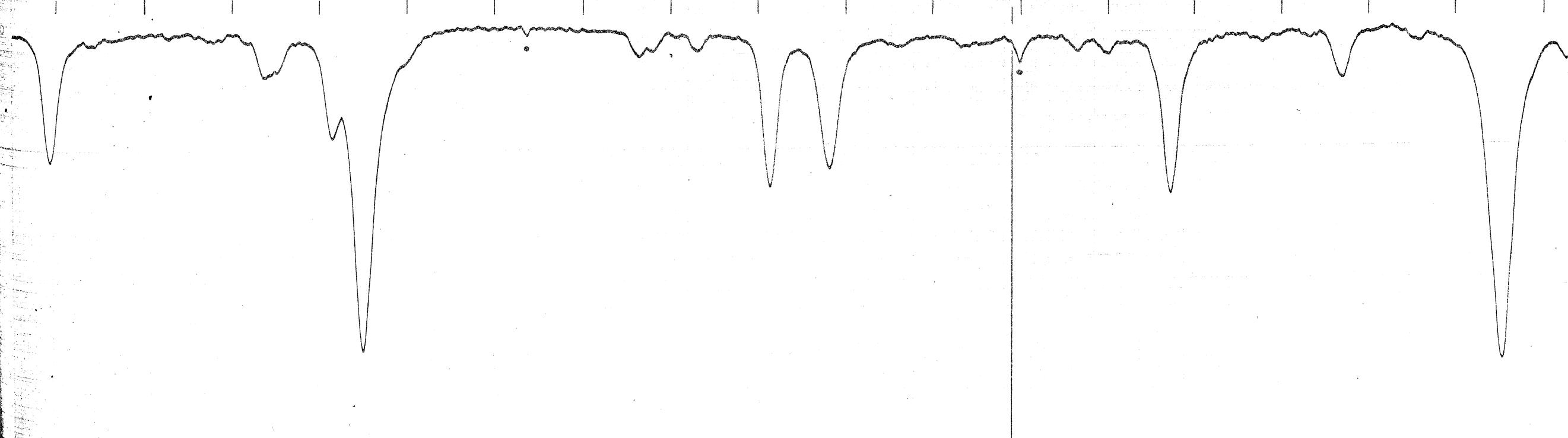


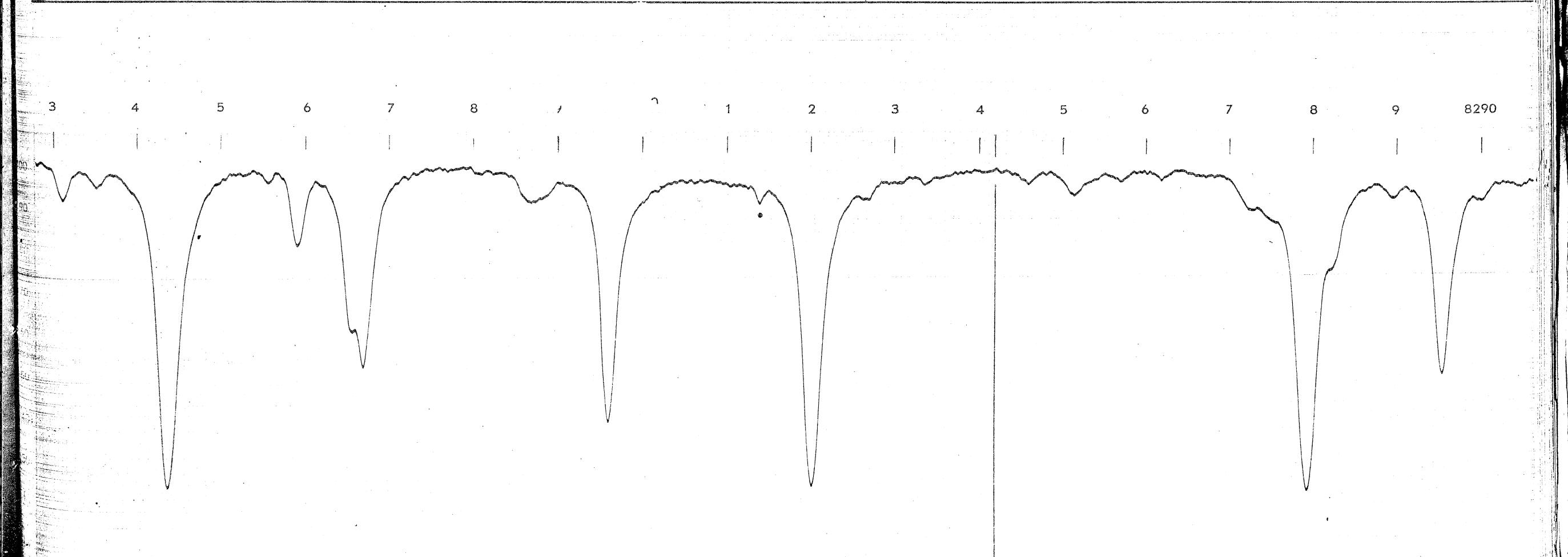
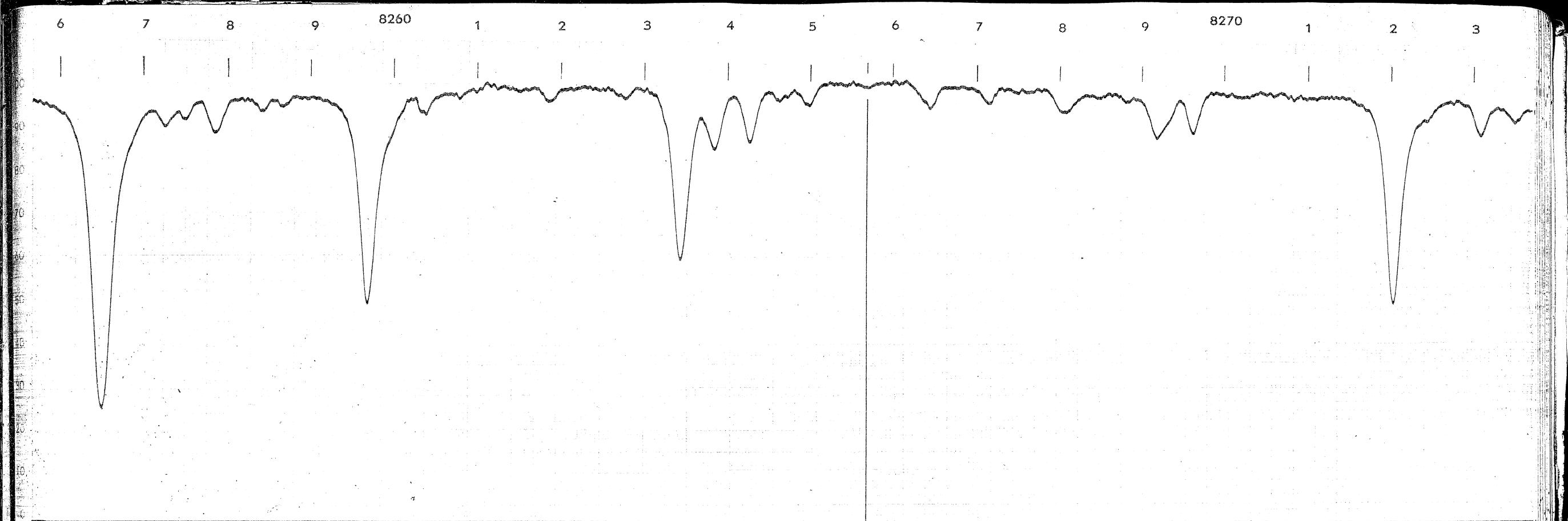


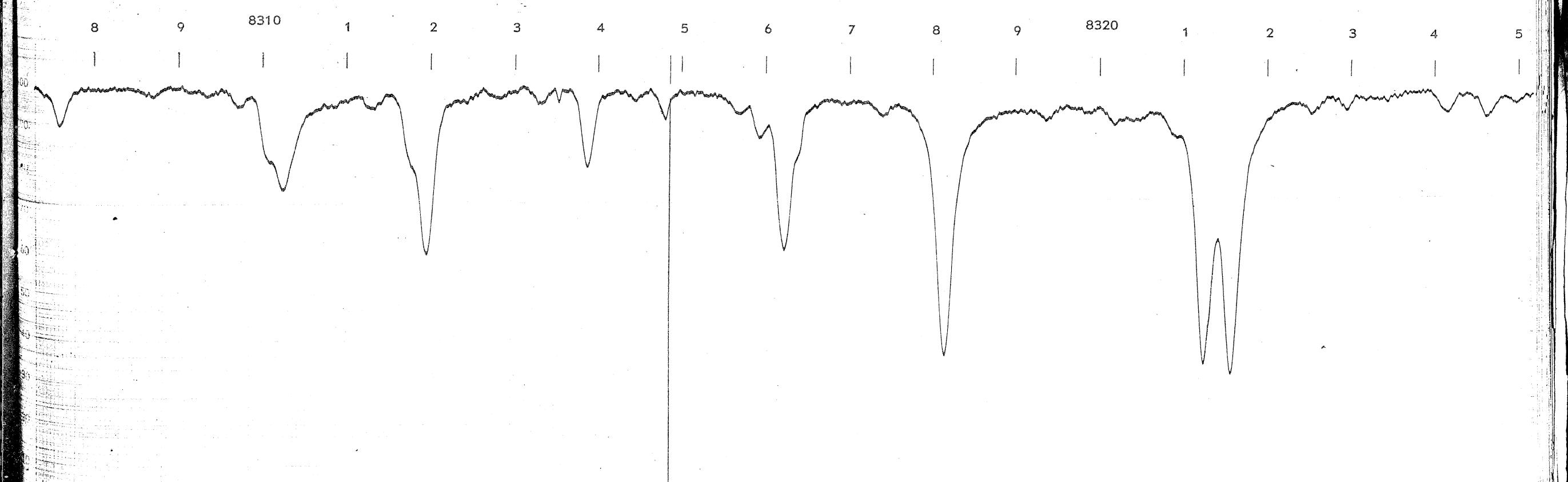
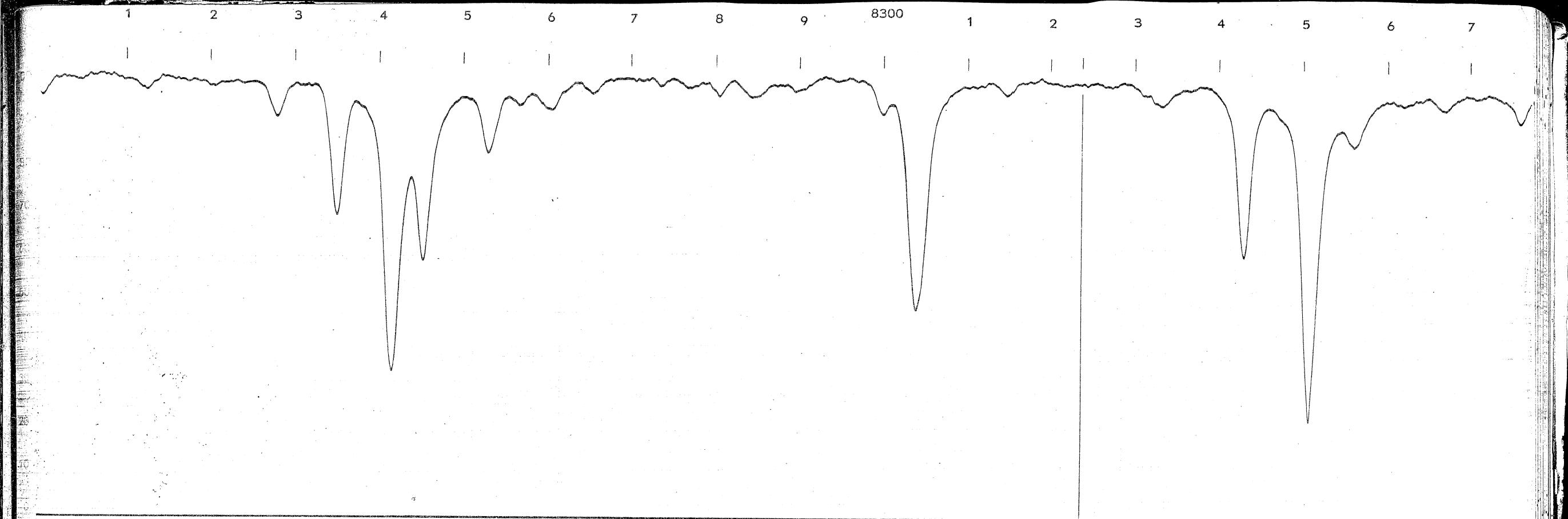
4 5 6 7 8 9 8230 1 2 3 4 5 6 7 8 9 8240

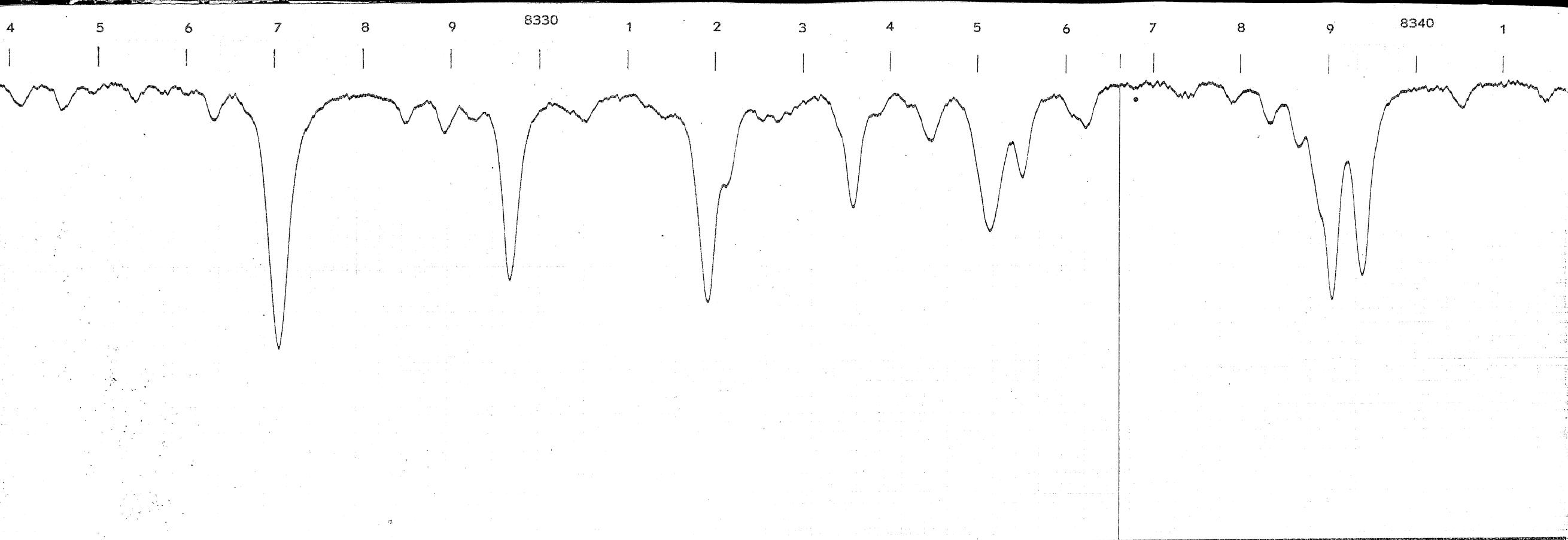


8240 1 2 3 4 5 6 7 8250 1 2 3 4 5 6 7

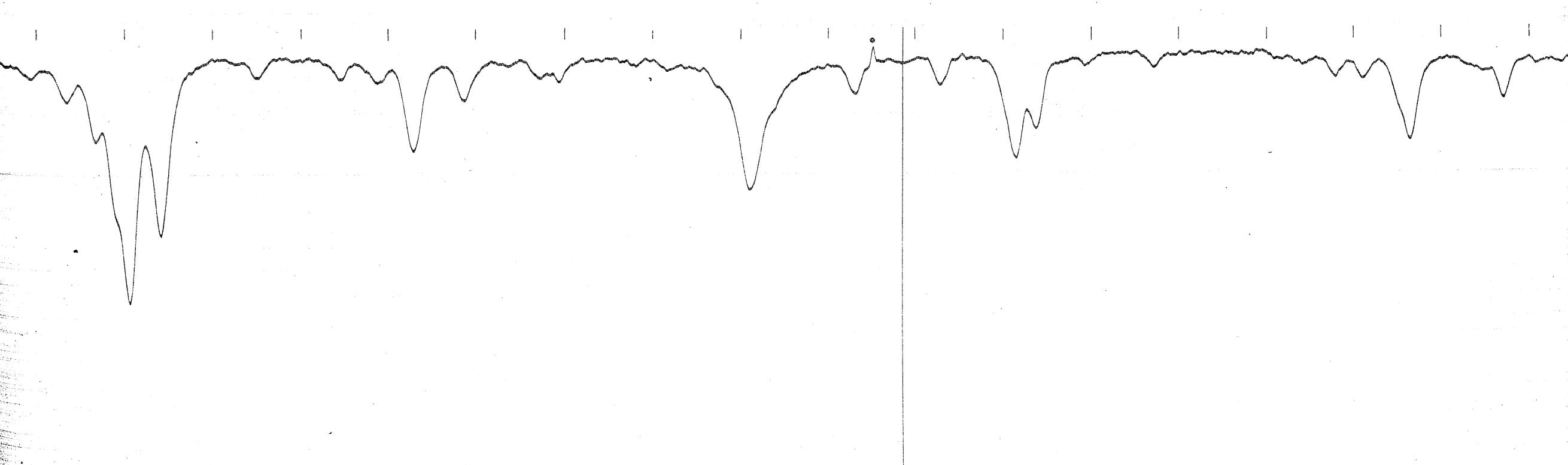


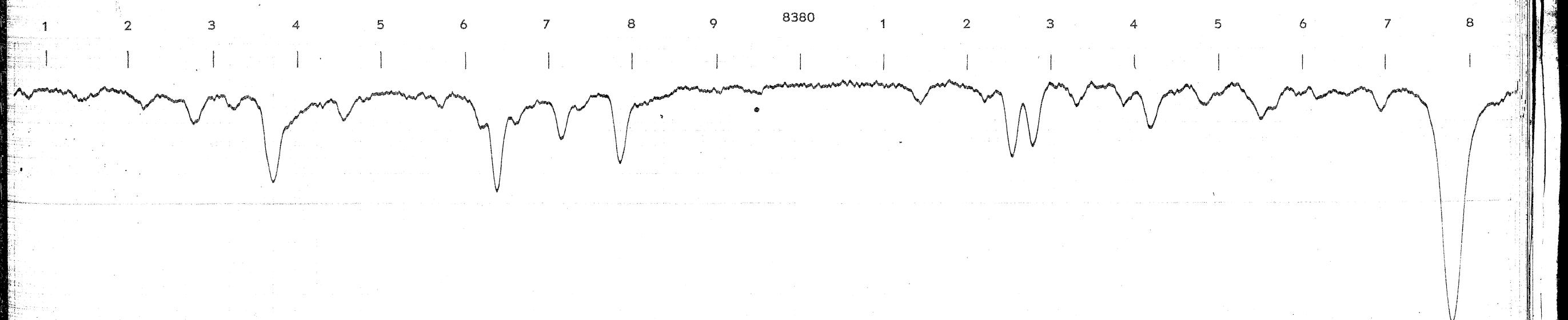
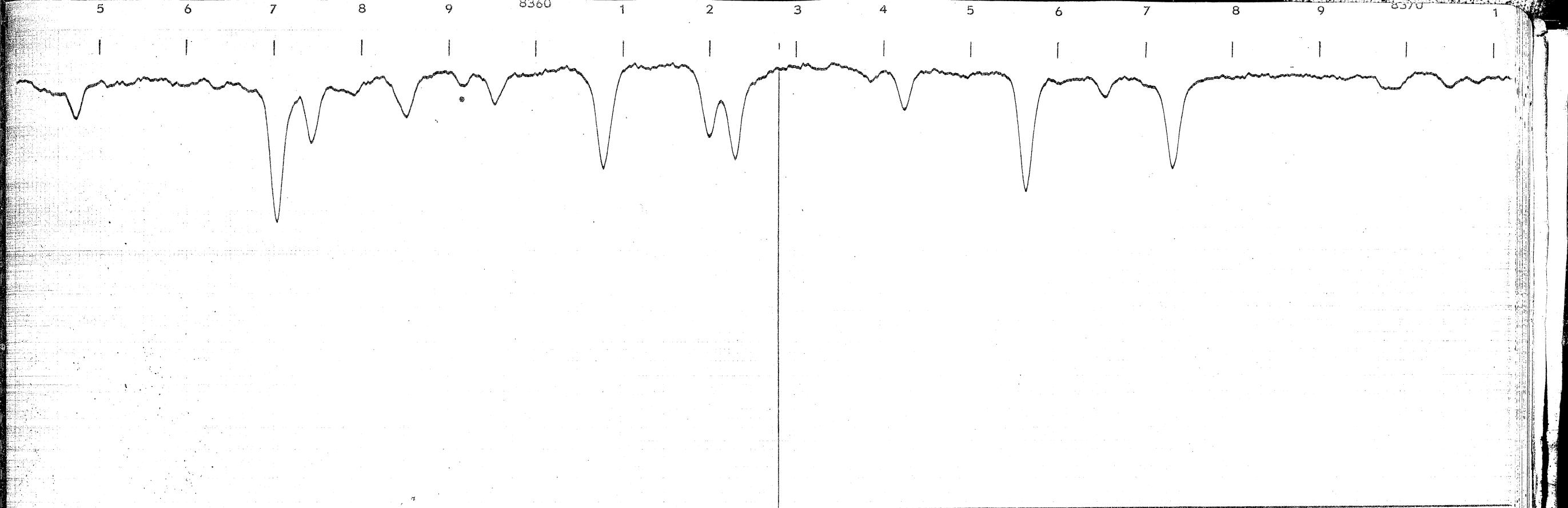


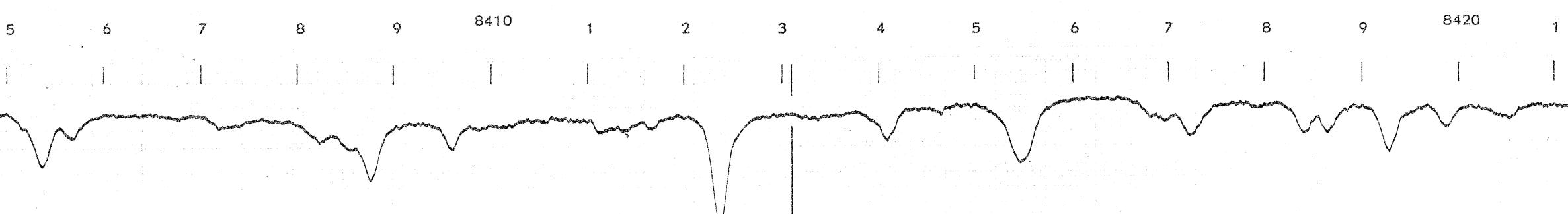
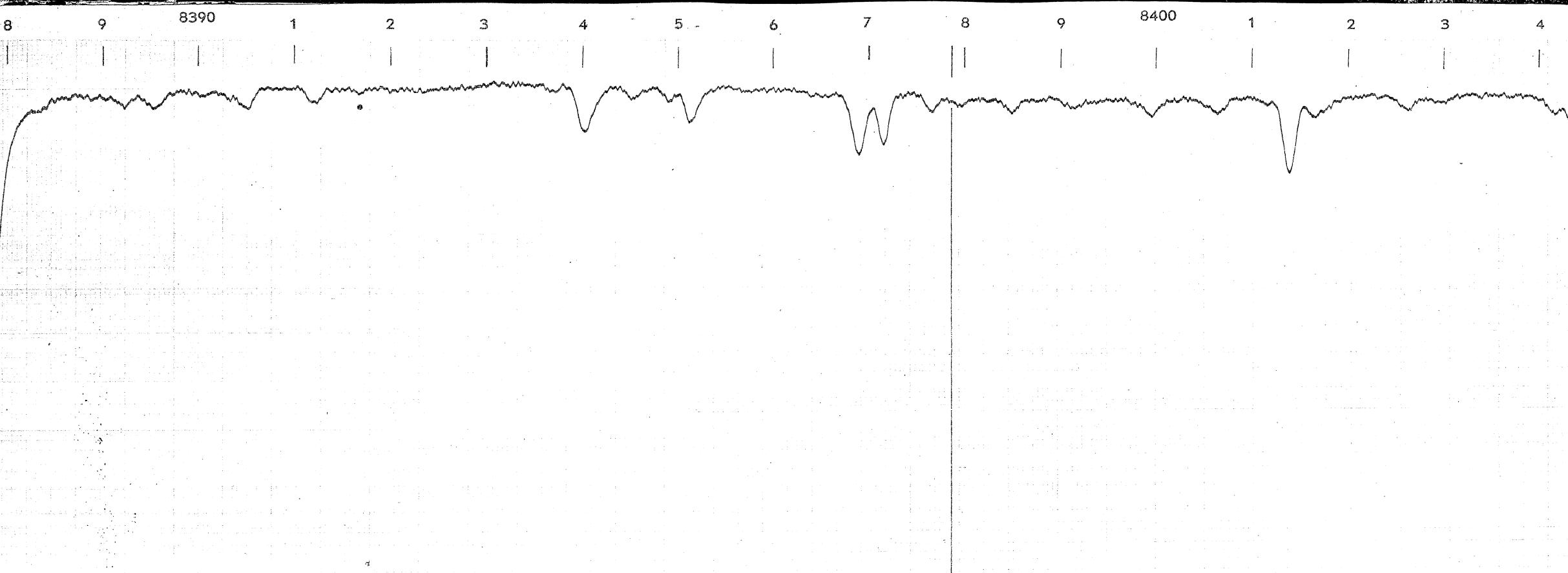


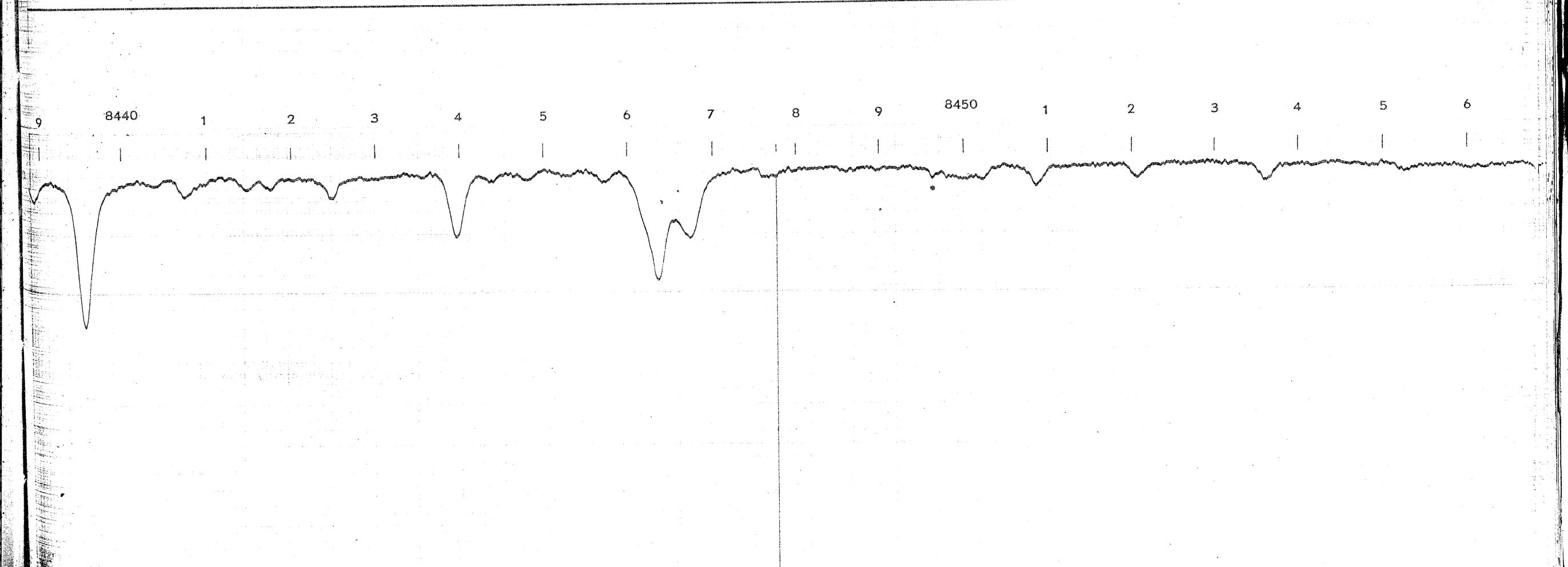
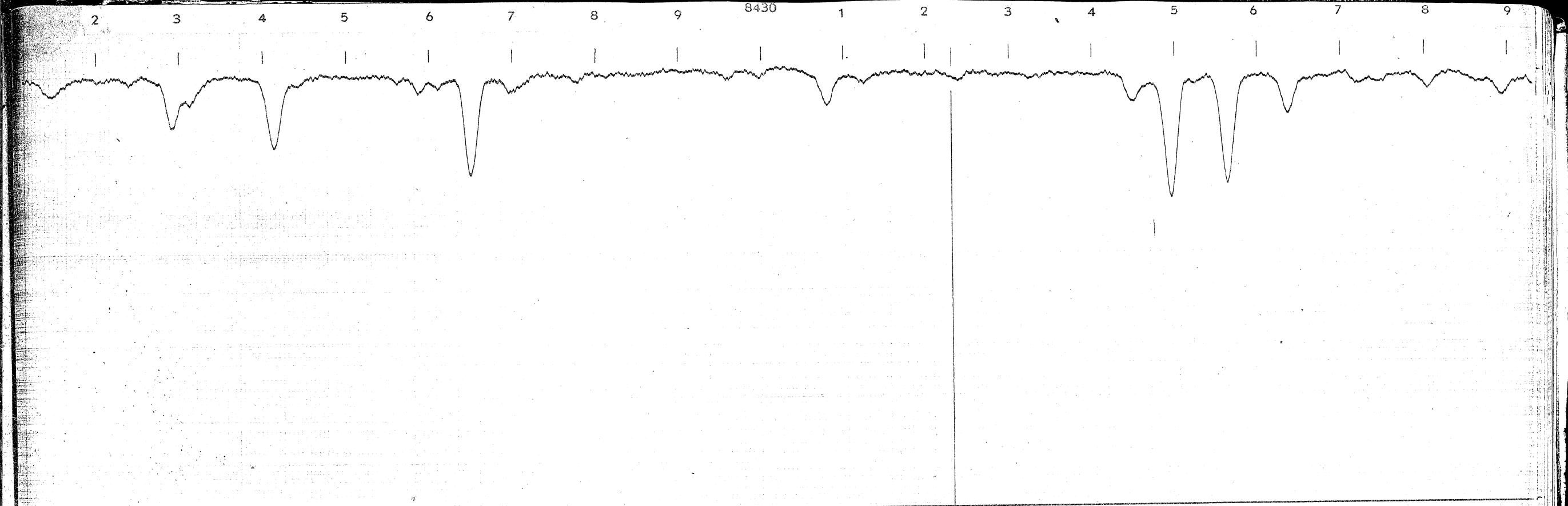


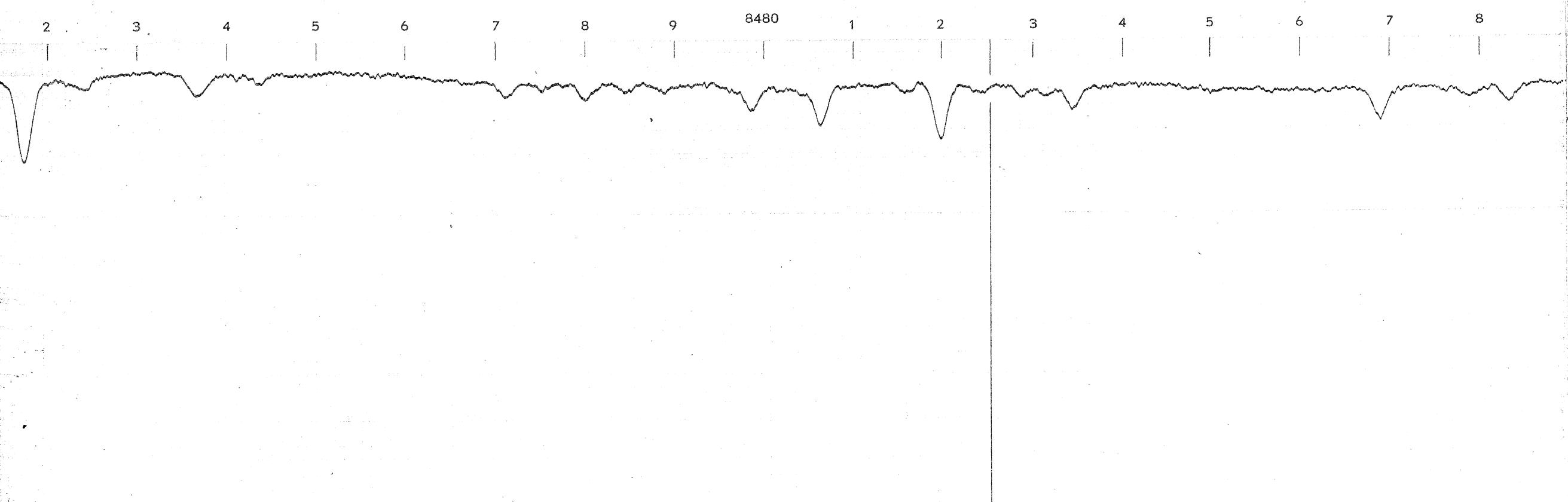
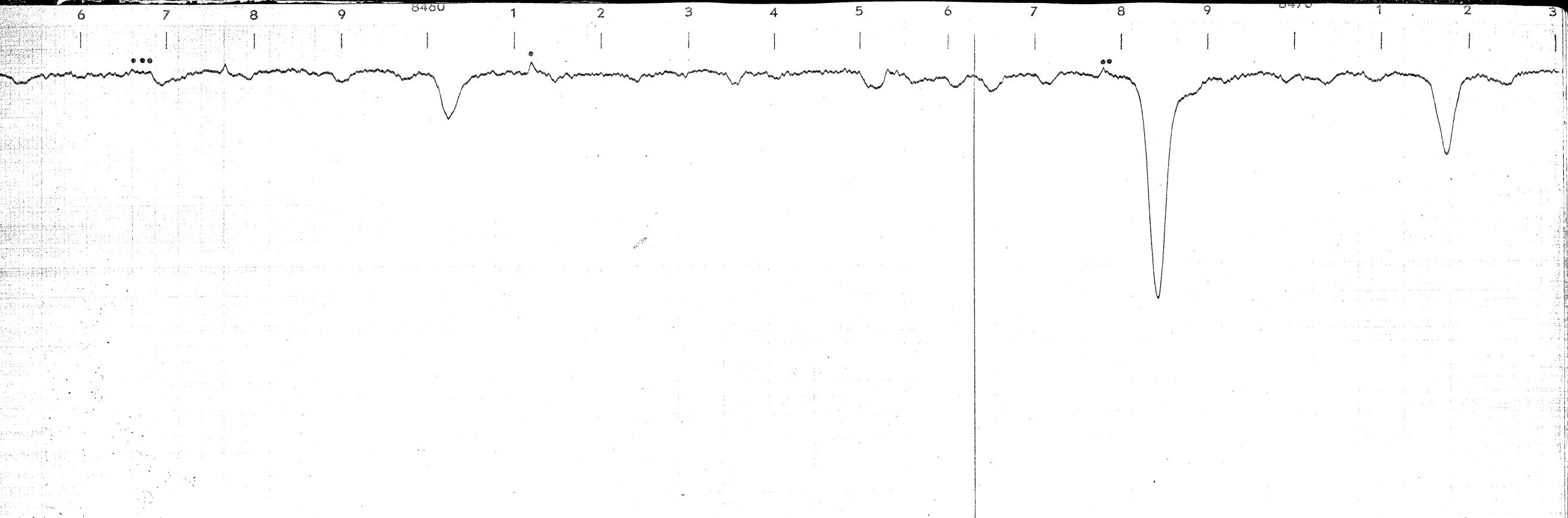
8 9 8340 1 2 3 4 5 6 7 8 9 8350 1 2 3 4 5

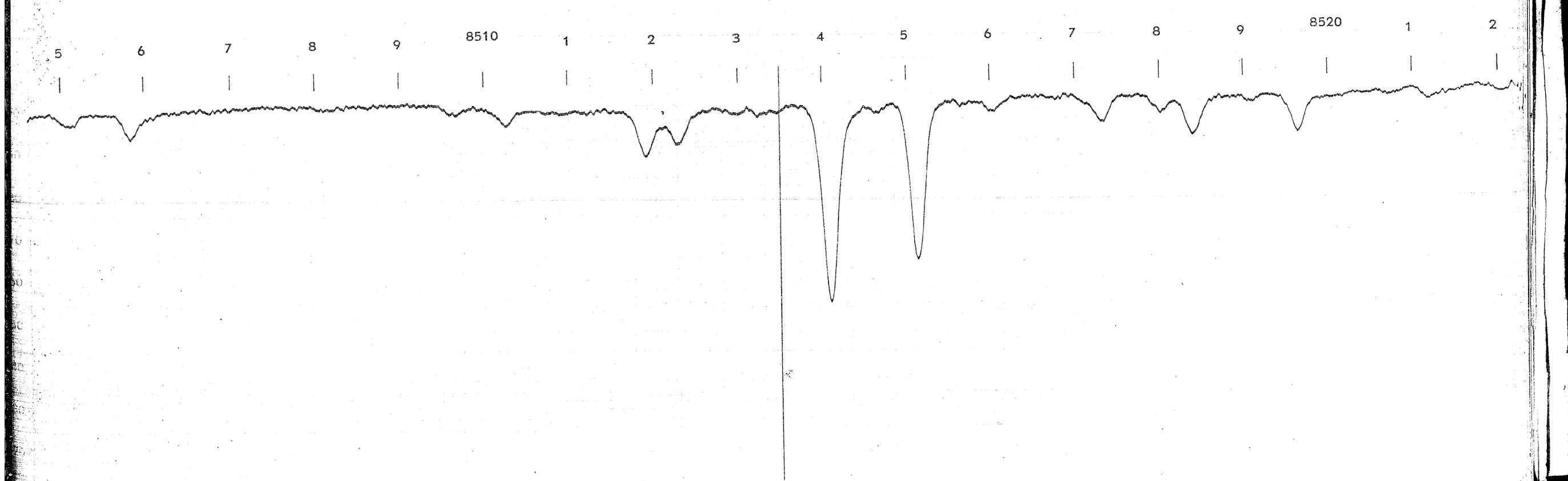
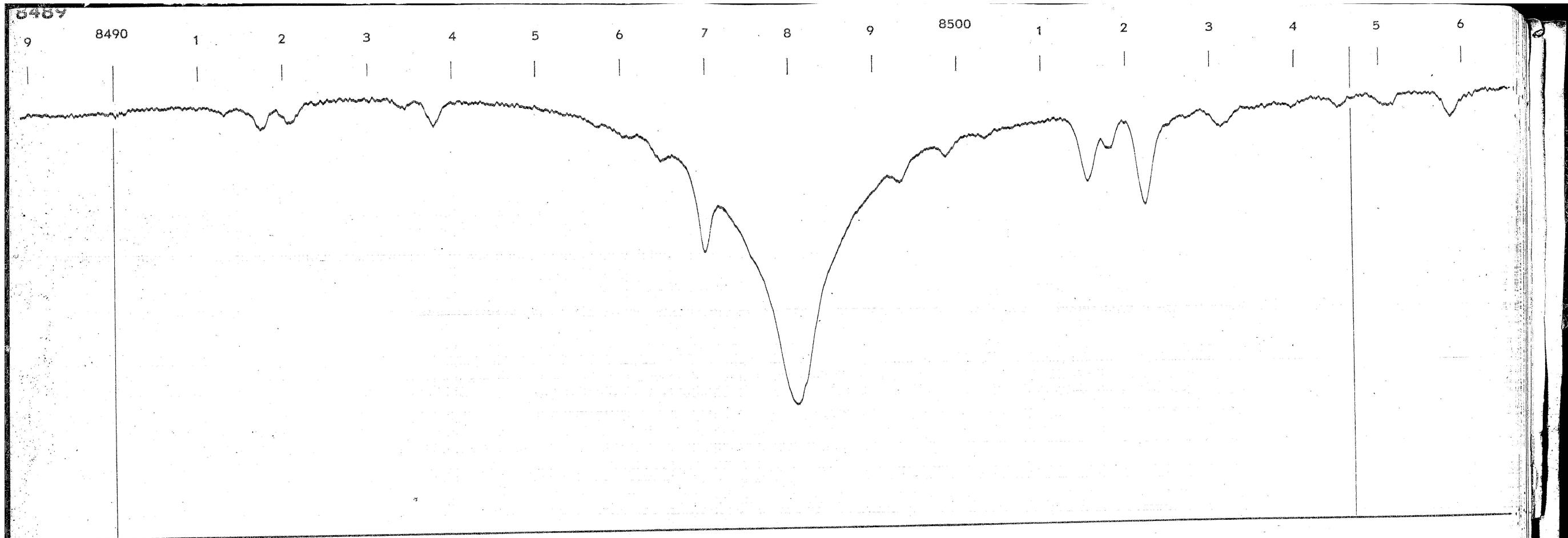




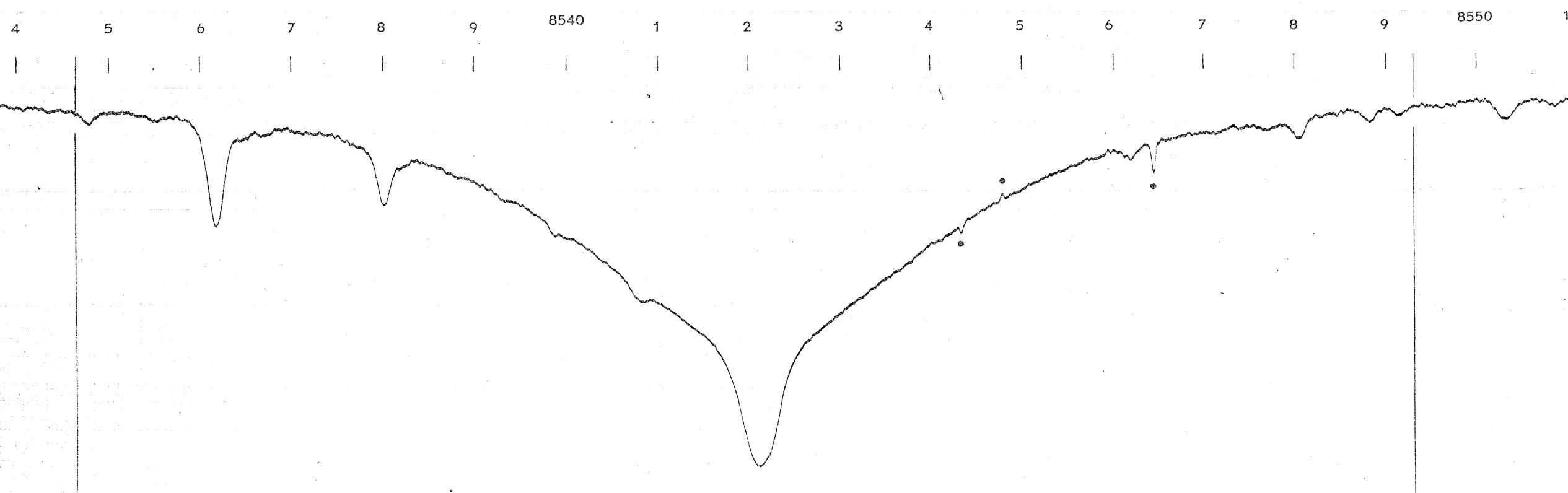
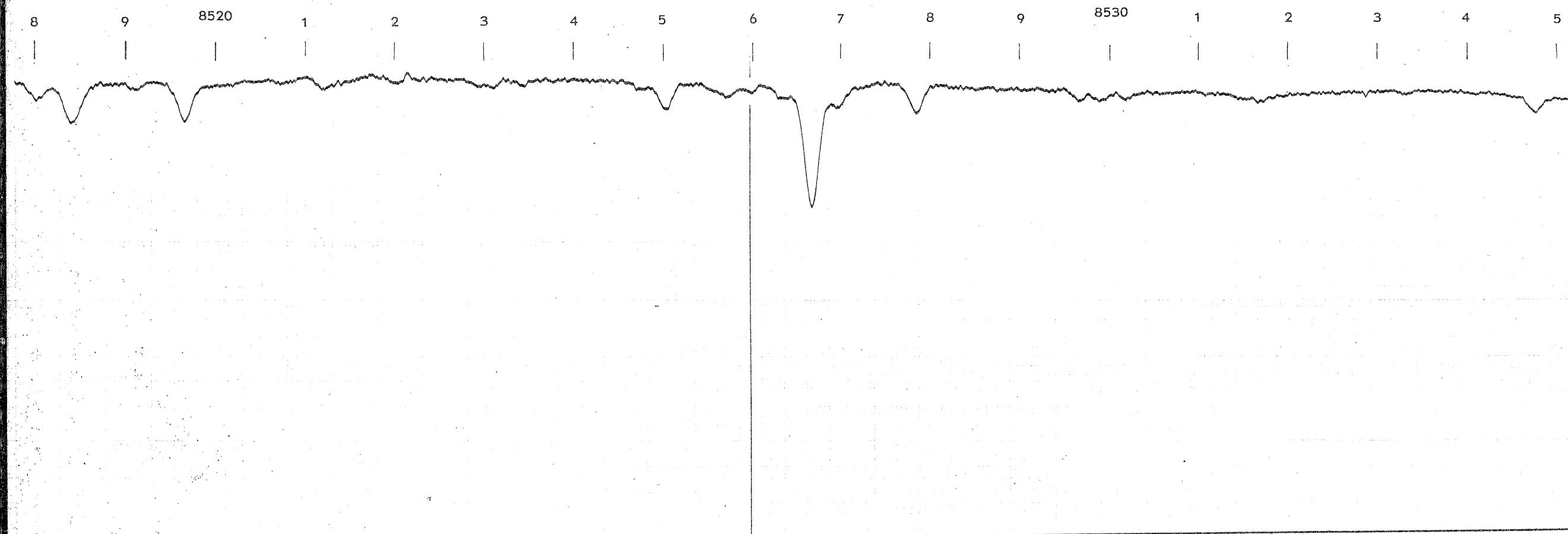


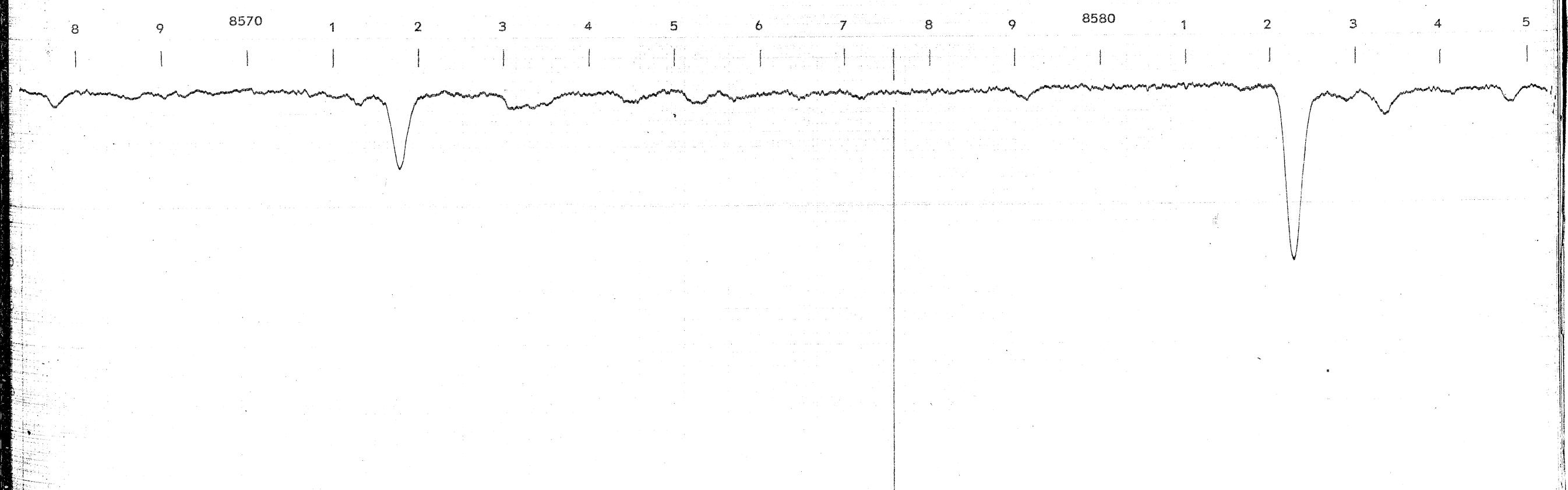
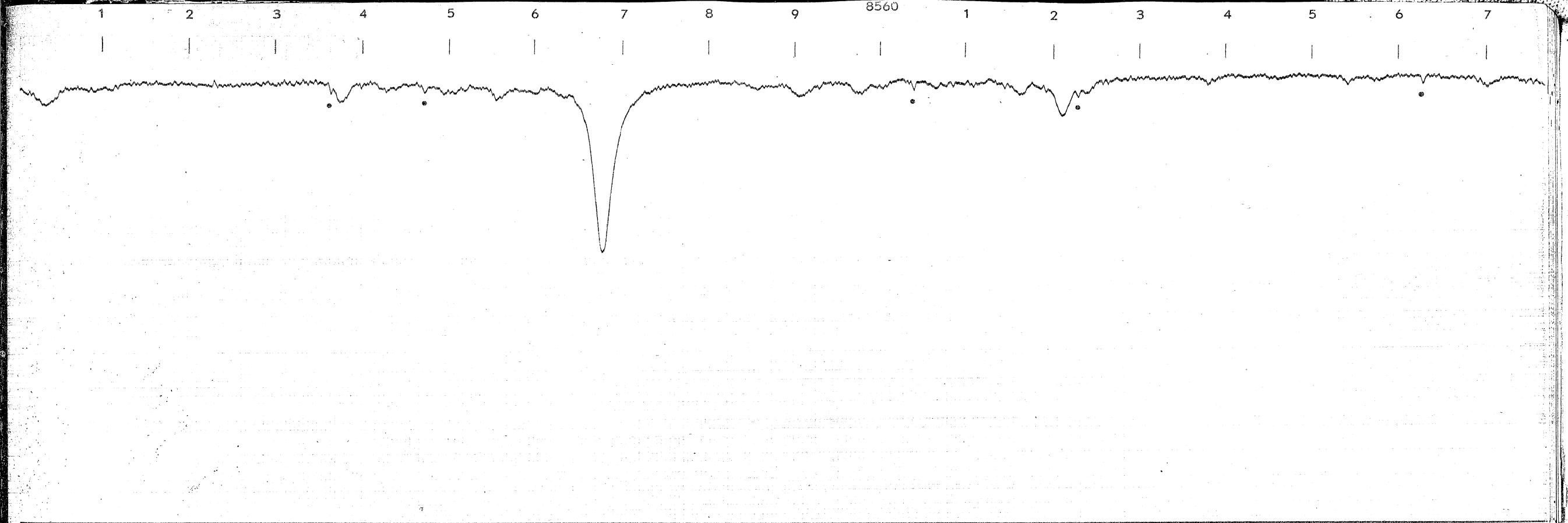


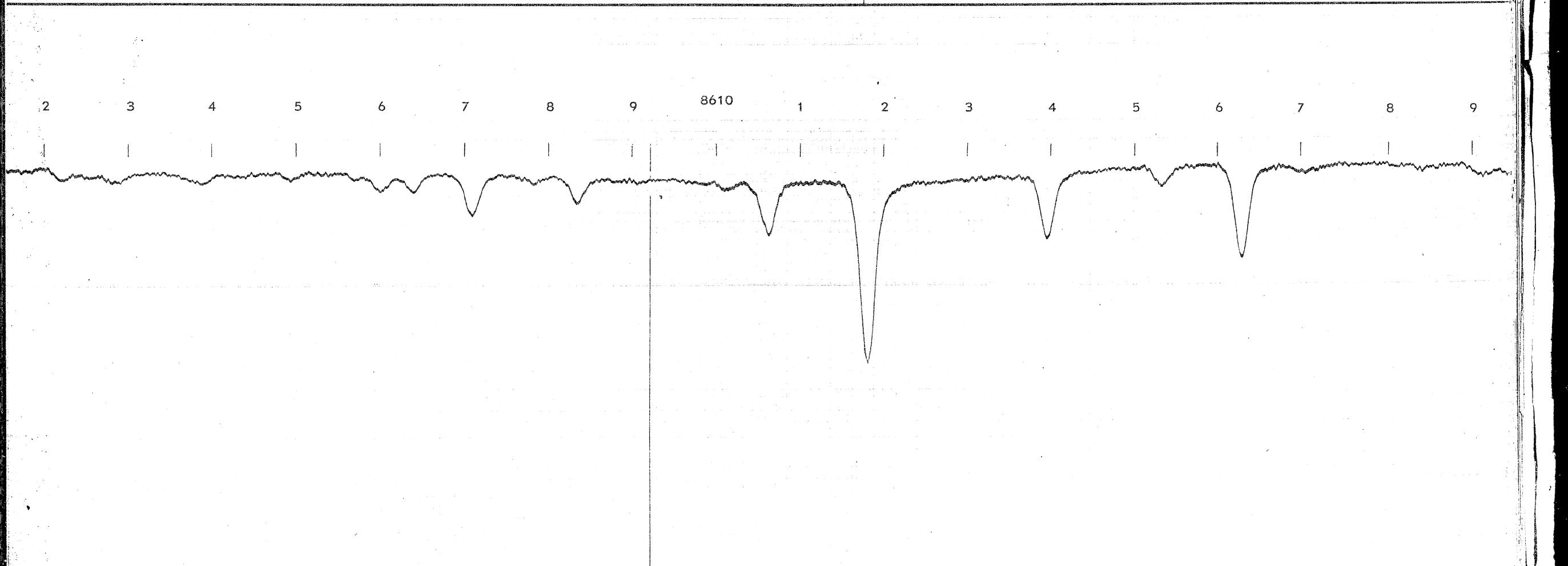
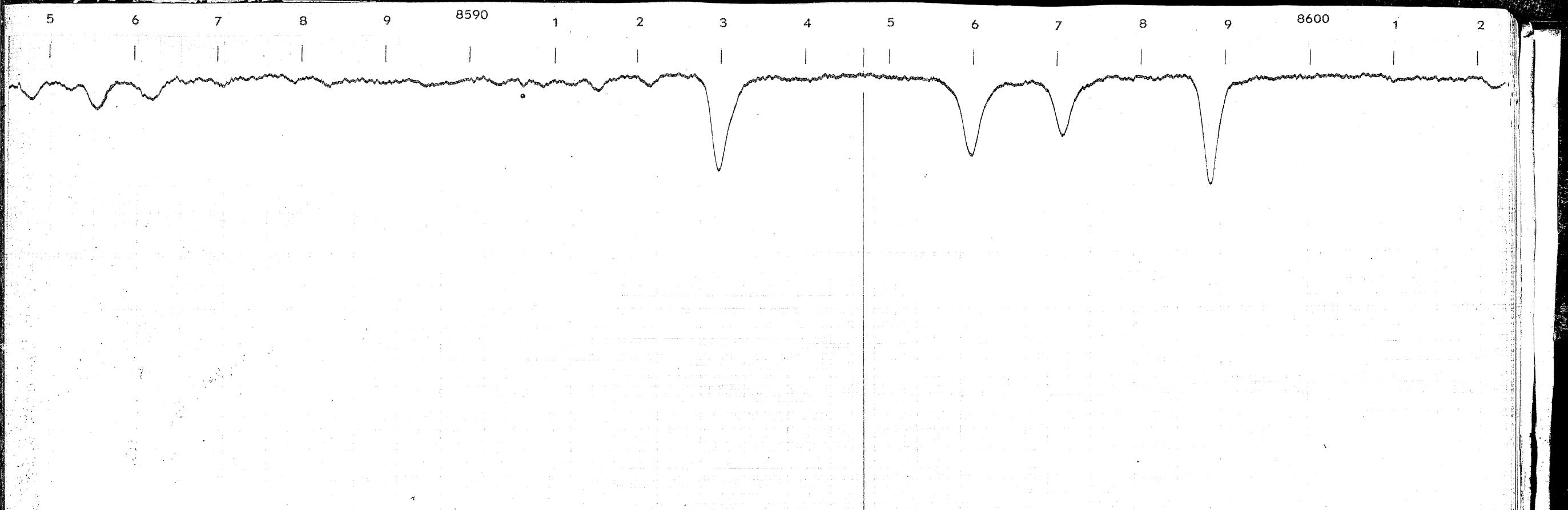


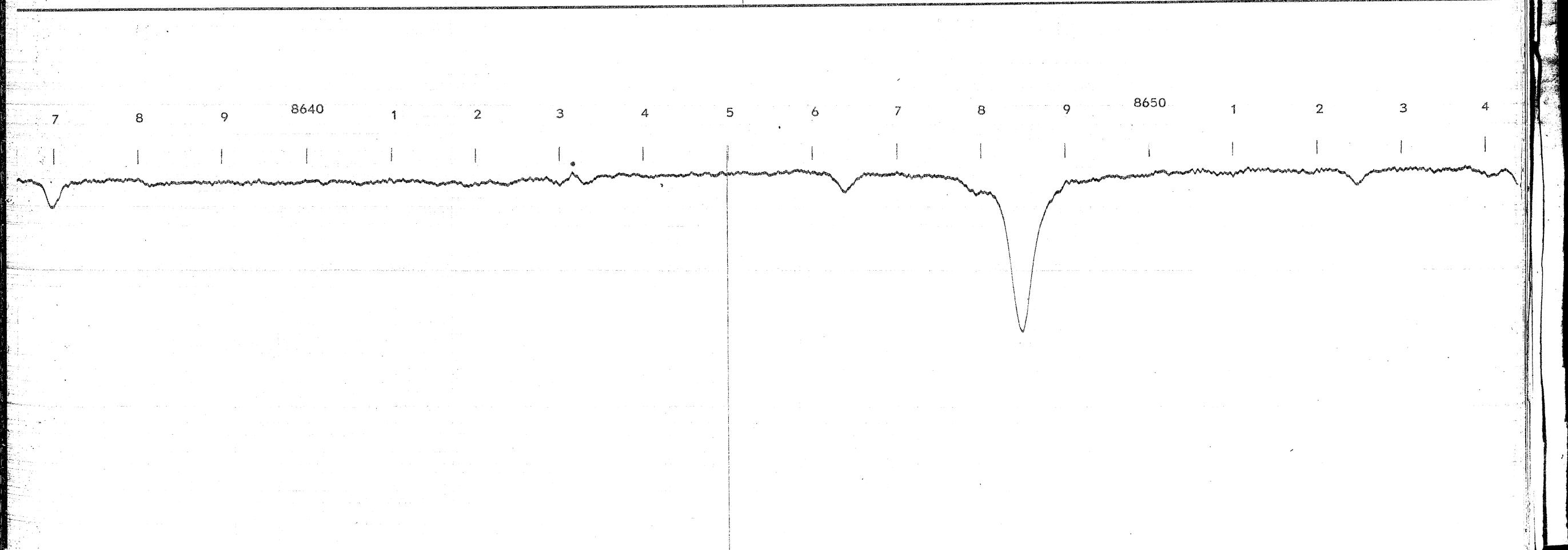
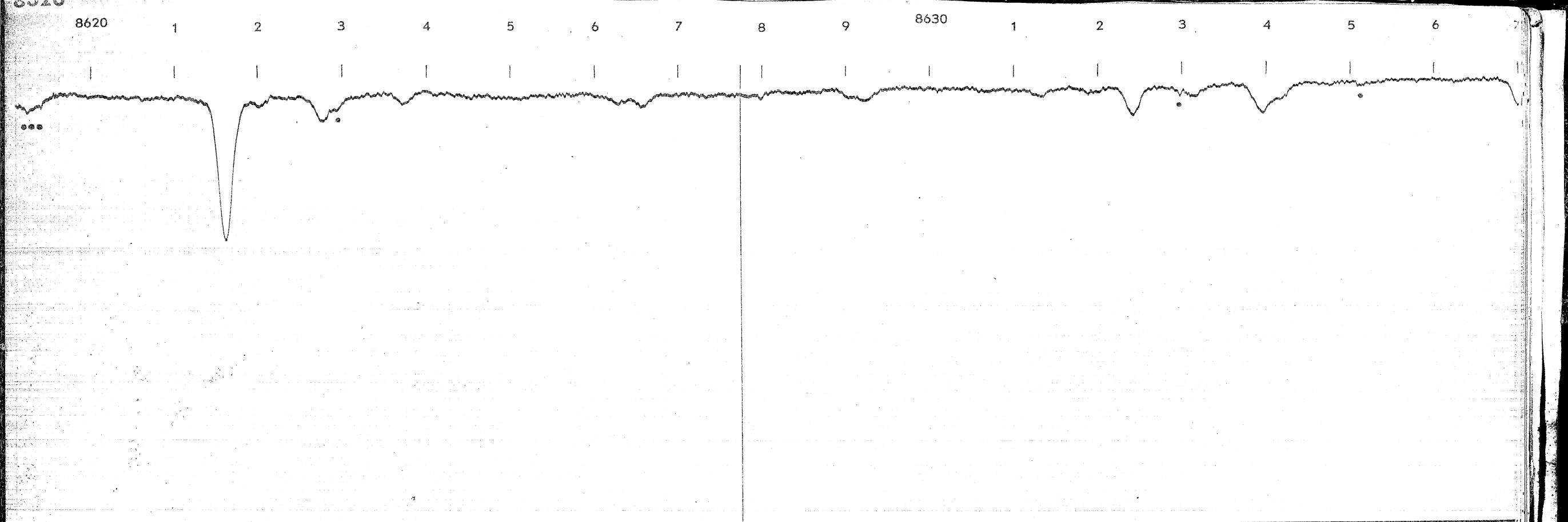


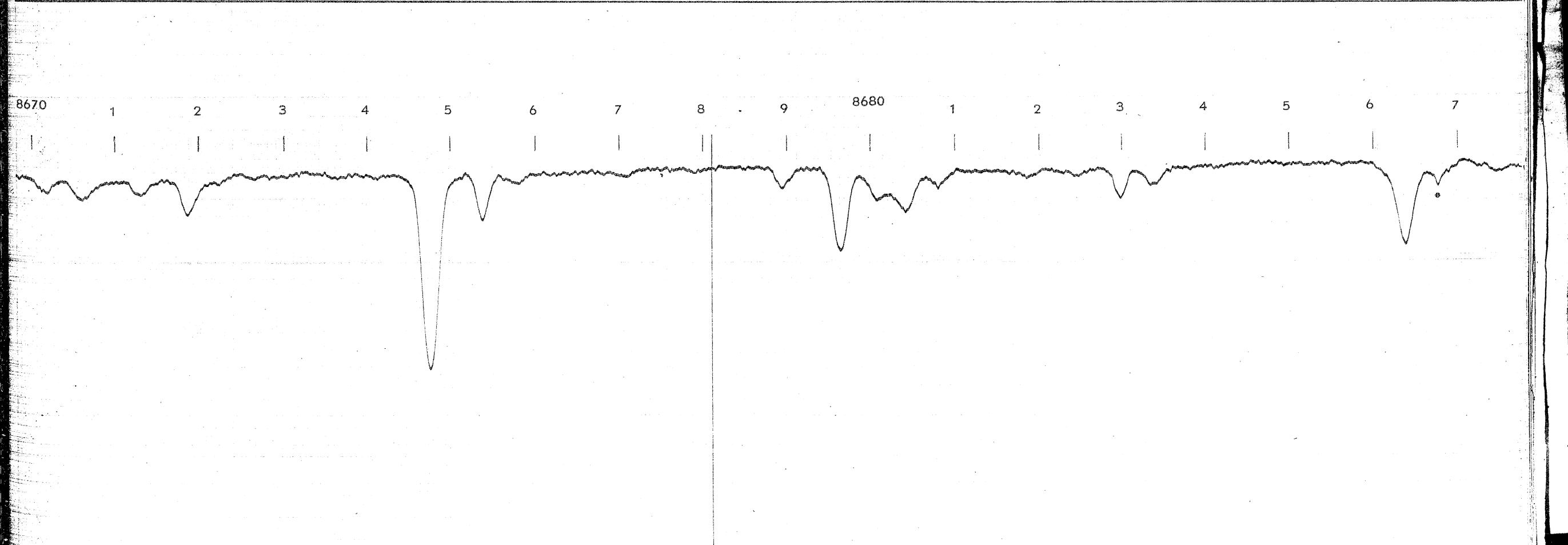
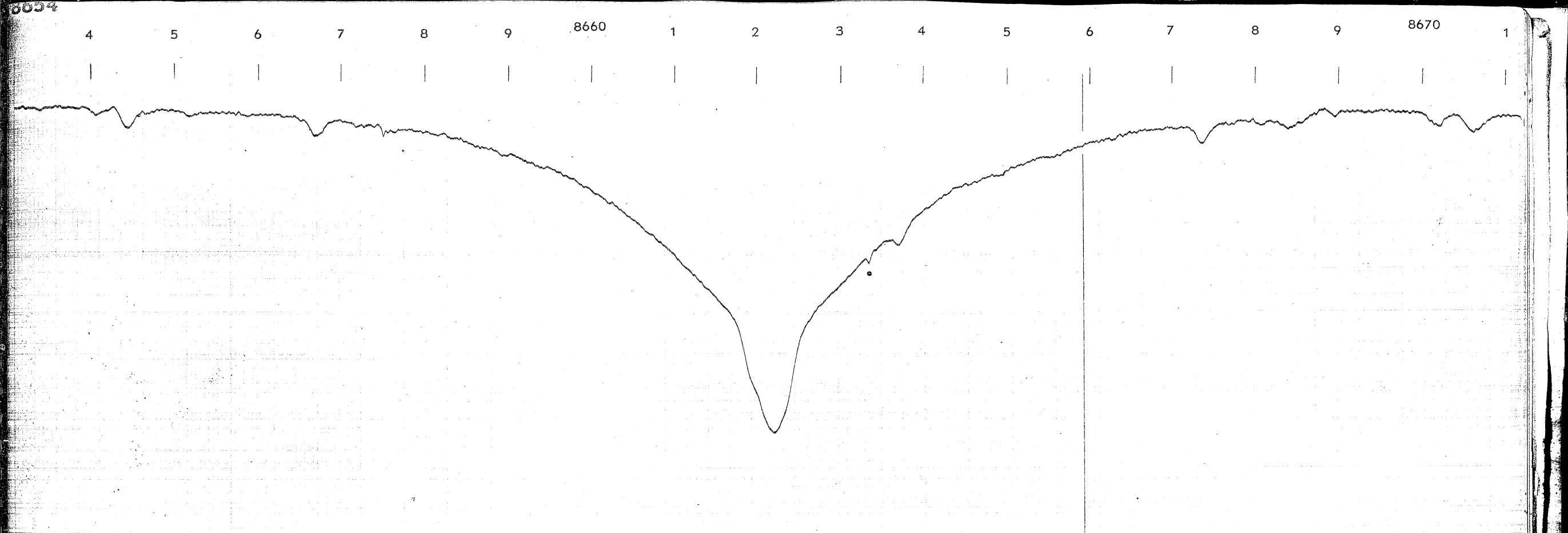
8518

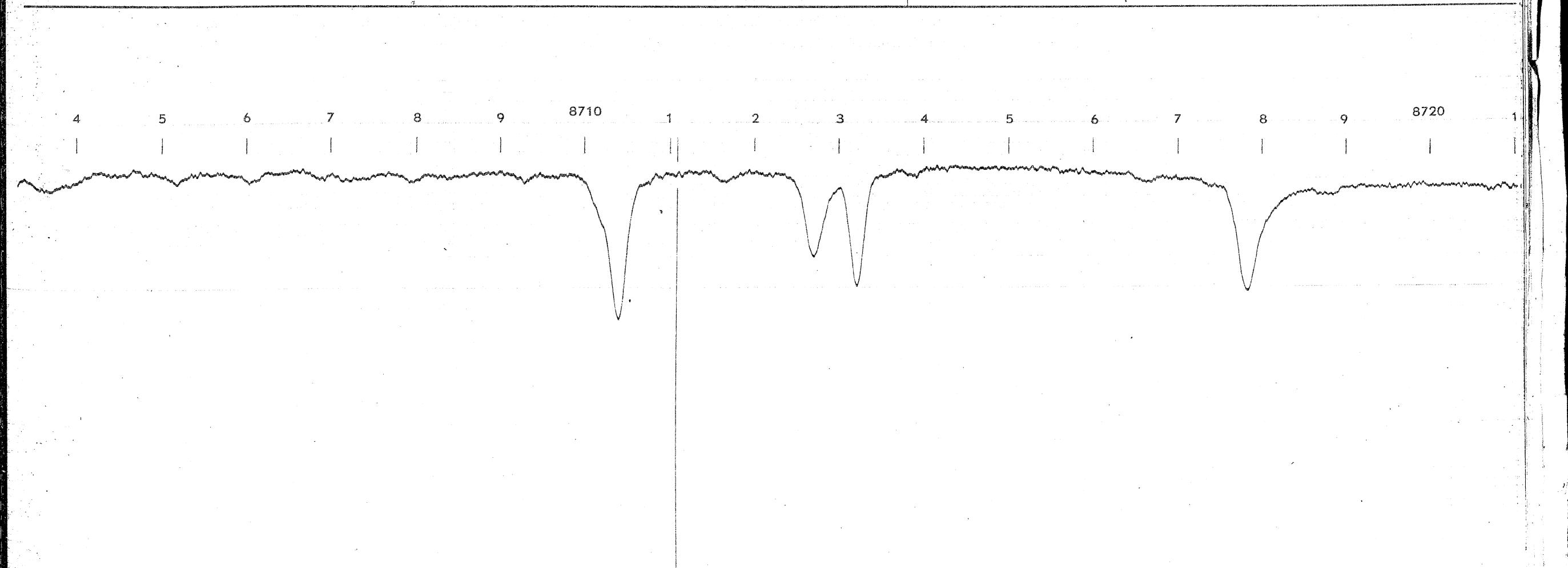
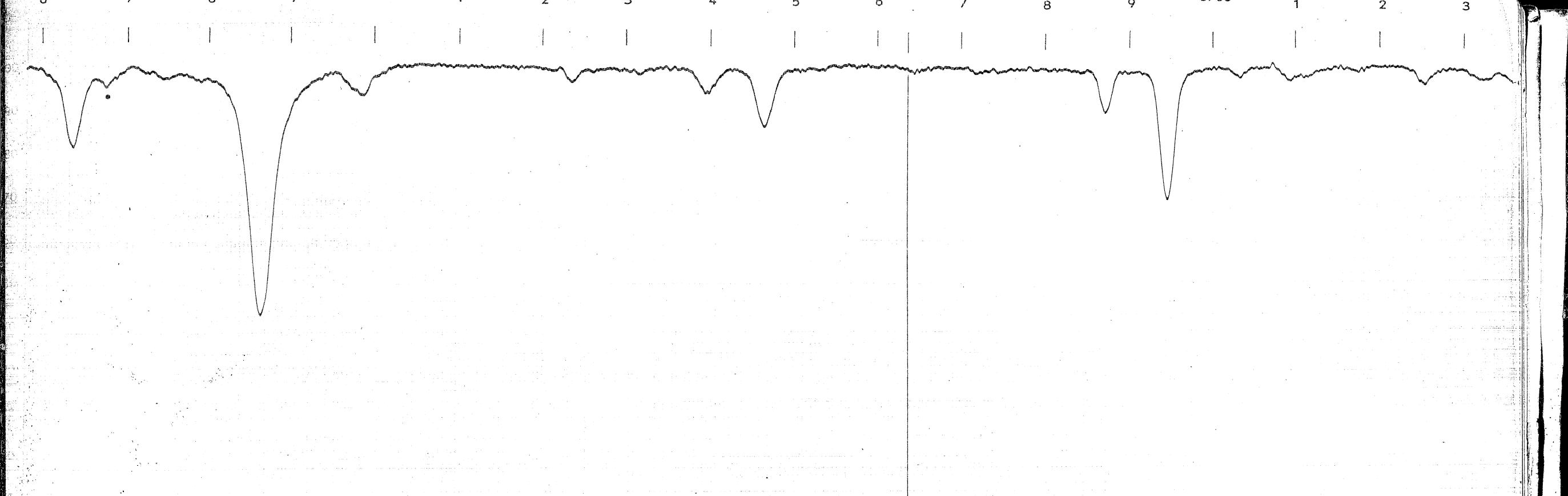


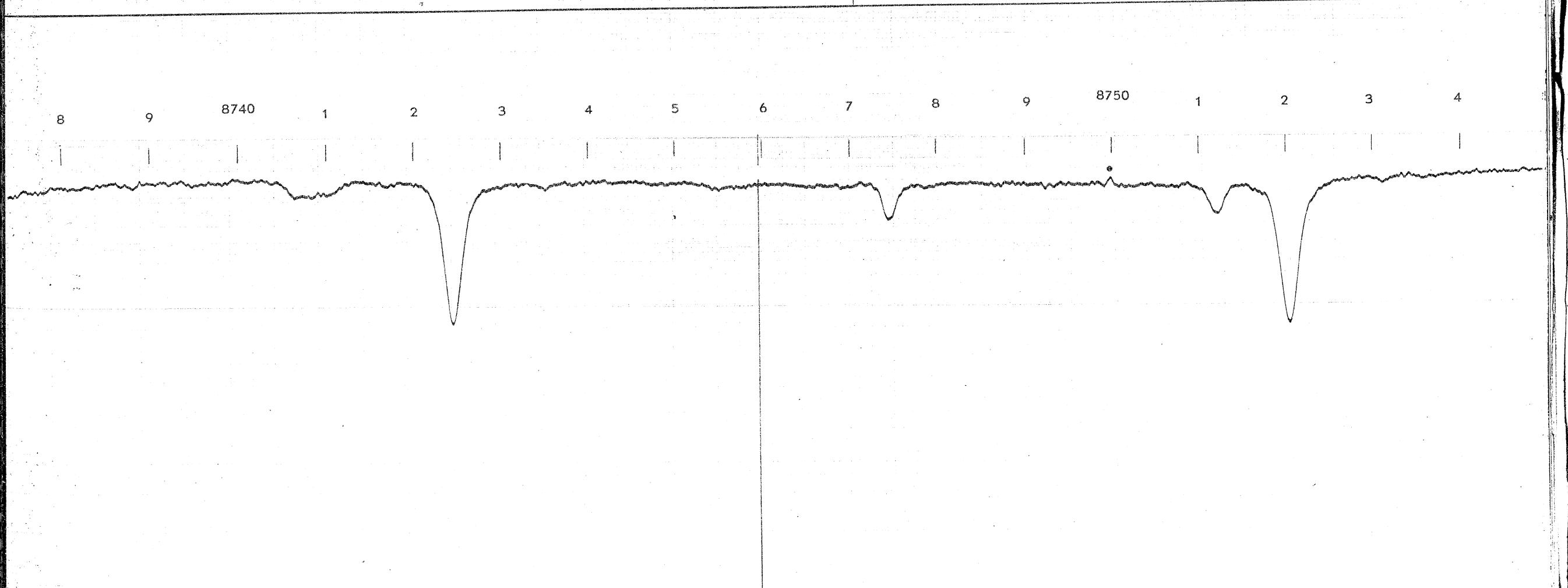
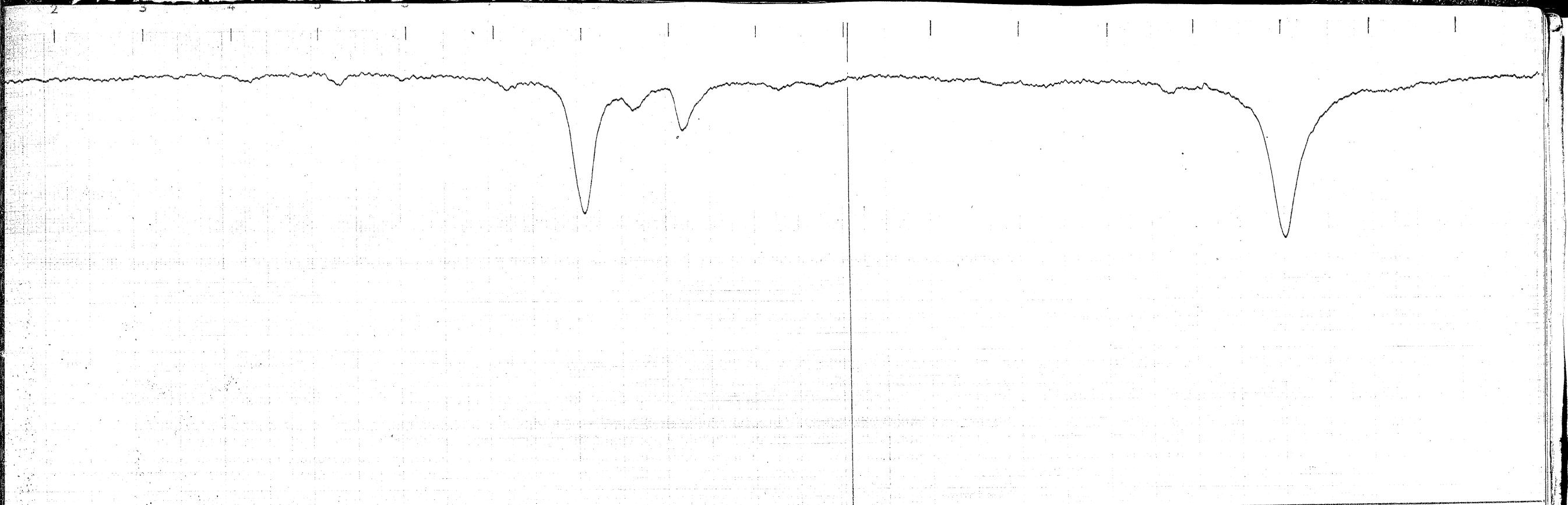














Appendix

Aldono

λ 3332 — λ 3637

